



TESIS-SM 142501

**PEMODELAN SISTEM ANTRIAN DI SALAH SATU
CABANG BANK X DENGAN MENGGUNAKAN
*COLOURED PETRI NETS***

Suci Rahmawati
1214 201 028

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Dieky Adzkiya, S.Si., M.Si.
Endah Rokhmati MP., S.Si., MT., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



DRAFT THESIS-SM 142501

MODELING OF QUEUE IN A BRANCH OF BANK X USING COLOURED PETRI NETS

Suci Rahmawati
1214 201 028

SUPERVISOR
Dr. Dieky Adzkiya, S.Si., M.Si.
Endah Rokhmati MP., S.Si., MT., Ph.D.

**MASTER'S DEGREE
MATHEMATICS DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

PEMODELAN SISTEM ANTRIAN DI SALAH SATU CABANG BANK X DENGAN MENGGUNAKAN COLOURED PETRI NETS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

SUCI RAHMAWATI
NRP. 1214 201 028

Tanggal Ujian : 15 Juli 2016
Periode Wisuda : September 2016

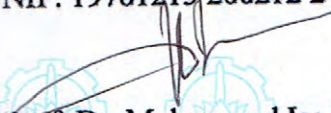
Disetujui oleh:


Dr. Dieky Adzkiya, S.Si., M.Si.
NIP. 19830517 200812 1 003


(Pembimbing I)


Endah Rokhmati MP., S.Si., MT., Ph.D.
NIP. 19761213 200212 2 001

(Pembimbing II)


Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan, MT.
NIP. 19631225 198903 1 001

(Penguji)


Dr. Dra. Mardlijah, MT.
NIP. 19670114 199102 2 001


(Penguji)


Dr. Dwi Ratna Sulistyaningrum, S.Si., MT.
NIP. 19690405 199403 2 003

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19601202 198701 1 001

PEMODELAN SISTEM ANTRIAN DI SALAH SATU CABANG BANK X DENGAN MENGGUNAKAN *COLOURED PETRI NETS*

Nama Mahasiswa : Suci Rahmawati
NRP : 1214 201 028
Pembimbing : 1. Dr. Dieky Adzkiya, S.Si., M.Si.
2. Endah Rokhmah MP., S.Si., MT., Ph.D.

ABSTRAK

Salah satu permasalahan sistem event diskrit adalah sistem antrian pada bank, yang menunjukkan kedatangan nasabah, lama nasabah dilayani hingga nasabah selesai dilayani dan meninggalkan bank. Sistem antrian pada bank dapat dimodelkan menggunakan *Coloured Petri Nets*. *Coloured Petri Nets* merupakan gabungan dari Petri net dengan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh Kurt Jensen. Pada penelitian ini, dibahas bagaimana memodelkan sistem antrian di salah satu cabang Bank X menggunakan *Coloured Petri Nets* dan *Timed Coloured Petri Nets*. Selanjutnya data yang diperoleh diolah secara statistik, dengan menentukan distribusi data yang sesuai. Penentuan distribusi data menggunakan uji normalitas. Jika hasil uji normalitas data menunjukkan data normal maka digunakan distribusi normal, namun jika hasil uji normalitas menunjukkan data tidak normal maka digunakan distribusi yang lainnya dalam hal ini yaitu distribusi eksponensial dan distribusi Weibull. Nilai estimasi parameter dari masing-masing distribusi diperoleh dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Nilai tersebut digunakan sebagai parameter pada *Timed Coloured Petri Nets* (TCPN). Hasil simulasi dari TCPN menunjukkan bahwa jumlah *teller* yang optimal dalam melayani nasabah adalah empat orang. Selain itu *Timed Coloured Petri Nets* dapat menunjukkan jumlah nasabah yang dilayani dan waktu pelayanannya.

Kata kunci: *Coloured Petri Nets*, Sistem Antrian, *Timed Coloured Petri Nets*

MODELLING OF QUEUE IN A BRANCH OF BANK X USING COLOURED PETRI NETS

Name : Suci Rahmawati
NRP : 1214 201 028
Supervisors : 1. Dr. Dieky Adzkiya, S.Si., M.Si.
2. Endah Rokhmati MP., S.Si., MT., Ph.D.

ABSTRACT

One of the problems in discrete event systems is queuing system at the bank, which shows the arrival of customers, the waiting time, the service time and departure the bank. A queue at the bank system can be modeled using coloured Petri nets. Coloured Petri Nets is a combination of Petri net with programming language which is developed by Kurt Jensen. In this study, we construct a model of queues at Bank X using coloured Petri Nets and Timed Colored Petri Nets. Then, observation data is processed to obtain appropriate statistical distribution. In this thesis, the data has statistical distribution: normal, Weibull and Exponensial based on the distribution testing. The estimation of parameter is determined by Maximum Likelihood Estimation Method. The acquired estimation value will be used as parameters in the queue model using Timed Colored Petri Nets. According to the simulation, Timed Coloured Petri Nets show that the optimum number of tellers to serve the customers are four. Furthermore, Timed Coloured Petri Nets also show the customer numbers and service time.

Keywords: Coloured Petri Nets, Queue System, Timed Coloured Petri Nets

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Teori Antrian	6
2.3 Alur Proses Pelayanan Teller	8
2.4 Coloured Petri Nets	8
2.4.1. Tanda dan Dinamika <i>Coloured Petri Nets</i>	10
2.5 Uji Normalitas <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	11
2.6 Distribusi Normal	13
2.7 Distribusi Eksponensial	13
2.8 Distribusi Weibull	14
2.9 <i>Maximum Likelihood Estimation</i>	14
2.10 Uji Kesesuaian Distribusi	15
2.11 Uji T	18

BAB III	METODA PENELITIAN	19
3.1	Tahapan Penelitian	19
3.2	Diagram Alur Penelitian	21
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Model <i>Coloured Petri Nets</i> Alur Sistem Pelayanan Teller	23
4.2	Model <i>Coloured Petri Nets</i> Alur Sistem Pelayanan Teller	25
4.3	Pengolahan Data	27
4.3.1	Uji Normalitas	27
4.3.2	Estimasi Parameter Distribusi Normal	32
4.3.3	Estimasi Parameter Distribusi Weibull	34
4.3.4	Estimasi Parameter Distribusi Eksponensial	36
4.3.5	Uji Kesesuaian Distribusi	40
4.4	Validasi Model	43
4.5	Hasil Simulasi Model	46
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	50

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1 Komponen Utama dalam Sistem Antrian	7
Gambar 2.2 <i>Coloured Petri Nets</i> yang tidak Memuat Token	10
Gambar 2.3 <i>Coloured Petri Nets</i> yang <i>Enabled</i>	11
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	21
Gambar 4.1 Model <i>Coloured Petri Nets</i> Pelayanan Nasabah	24
Gambar 4.2 Model <i>Timed Coloured Petri Nets</i> Pelayanan Nasabah	26
Gambar 4.3 Uji Normalitas Data Rata-Rata Interval Waktu Kedatangan	28
Gambar 4.4 Uji Normalitas Data Rata-Rata Waktu Pelayanan	28
Gambar 4.5 Uji Normalitas Data Interval Waktu Kedatangan Tanggal 22 Maret 2016	29
Gambar 4.6 Uji Normalitas Data Waktu Pelayanan Tanggal 22 Maret	29
Gambar 4.7 Uji Normalitas Data Interval Waktu Kedatangan Tanggal 1 Maret 2016	30
Gambar 4.8 Uji Normalitas Data Waktu Pelayanan Tanggal 1 Maret 2016	30
Gambar 4.9 Uji Normalitas Data Waktu Pelayanan Tanggal 21 April 2016	31
Gambar 4.10 Uji Normalitas Data Waktu Pelayanan Tanggal 21 April 2016	31
Gambar 4.11 Output Uji T Data Interval Waktu Kedatangan Menggunakan SPSS	43
Gambar 4.12 Output Uji T Data Waktu Pelayanan Menggunakan SPSS	45

DAFTAR TABEL

	Hal.
Gambar 4.1 Estimasi Parameter Distribusi Normal	34
Gambar 4.2 Estimasi Parameter Distribusi Weibull Data Interval Waktu Kedatangan	40
Gambar 4.3 Estimasi Parameter Distribusi Weibul Data Waktu Pelayanan	40
Gambar 4.4 Tabel Hasil Simulasi	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	: Data Rata-Rata Interval Waktu Kedatangan dan Waktu Pelayanan	53
Lampiran B	: Data Interval Waktu Kedatangan dan Waktu Pelayanan Pada Tanggal 1 Maret 2016	55
Lampiran C	: Data Interval Waktu Kedatangan dan Waktu Pelayanan Pada Tanggal 22 Maret 2016	58
Lampiran D	: Data Interval Waktu Kedatangan dan Waktu Pelayanan Pada Tanggal 21 April 2016	60
Lampiran E	: Listing Program Iterasi Newton Raphson	62
Lampiran F	: Listing Program Uji Kesesuaian Distribusi Weibull	64
Lampiran G	: Listing Program Uji Kesesuaian Distribusi Eksponensial	65
Lampiran H	: Tabel <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	66
Lampiran I	: Data Hasil Simulasi Pengamatan 25 hari.....	68
Lampiran J	: Data Hasil Simulasi Data 1 Maret 2016.....	82
Lampiran K	: Data Hasil Simulasi Data 22 Maret 2016.....	97
Lampiran L	: Data Hasil Simulasi Data 21 April 2016.....	107

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian ini diuraikan mengenai latar belakang munculnya permasalahan yang dibahas dalam penulisan penelitian ini. Selanjutnya permasalahan tersebut disusun dalam suatu rumusan masalah dengan batasan masalah sehingga didapatkan tujuan yang diinginkan serta manfaat yang diperoleh.

1.1 Latar Belakang

Perilaku variabel-variabel yang ada pada sistem dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu diskrit dan kontinu. Sistem waktu diskrit adalah sistem yang perubahan keadaannya terjadi pada waktu tertentu (waktu diskrit). Sistem kontinu adalah suatu sistem yang perubahan keadaannya terjadi secara terus menerus (kontinu), (Arif, 2016). Salah satu perilaku sistem diskrit yaitu sistem antrian pada bank, yang menunjukkan perubahan terjadi pada waktu-waktu tertentu. Misalnya kedatangan nasabah, nasabah mulai dilayani hingga nasabah itu selesai dilayani dan meninggalkan bank.

Seiring dengan berkembangnya dunia perbankan yang semakin pesat menyebabkan persaingan antar bank menjadi semakin tinggi. Oleh karena itu, setiap bank perlu meningkatkan kemampuan daya saingnya. Beberapa unsur daya saing antar bank meliputi mutu pelayanan misalnya, melalui peningkatan kualitas sumber daya manusia, penggunaan teknologi, perbaikan sistem dan prosedur. Mutu pelayanan bank yang baik dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat untuk menggunakan jasa layanan bank, sehingga jumlah nasabah menjadi semakin meningkat. Terjadinya peningkatan jumlah nasabah berpengaruh pada meningkatnya jumlah kedatangan nasabah dalam menggunakan fasilitas pelayanan bank, hal tersebut menyebabkan terjadinya antrian panjang dan lama yang mempengaruhi kenyamanan dari nasabah itu sendiri. Antrian tersebut terjadi jika banyaknya kedatangan nasabah tidak dapat diimbangi oleh kapasitas pelayanan yang tersedia.

Pada umumnya nasabah sering menilai kualitas sistem operasi suatu bank berdasarkan lamanya waktu menunggu atau kecepatan petugas bank dalam memberikan pelayanan. Dengan demikian, faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menghadapi persaingan tersebut adalah dengan meningkatkan performa pelayanan bank yang diberikan kepada nasabahnya.

Permasalahan sistem antrian pada bank dapat dimodelkan menggunakan *Coloured Petri Nets*. *Coloured Petri Nets* merupakan gabungan dari *Petri nets* dengan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh Kurt Jensen pada tahun 1997, *Coloured Petri Nets* dapat digunakan sebagai alat bantu visual. *Coloured Petri Nets* terdiri dari *token*, *place* dan transisi yang dihubungkan oleh garis berarah.

Penelitian tentang pemodelan kejadian sistem diskrit khususnya sistem antrian telah banyak dilakukan. Namun beberapa penelitian yang telah dilakukan sebagian besar fokus pada mencari penyelesaian waktu tunggu yang optimum. Misalkan yang dilakukan oleh Irmayati Hasan (2011) yang membahas tentang bagaimana mengukur model optimal sistem antrian dengan menggunakan pola kedatangan dan pola pelayanan nasabah bank untuk mengetahui rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Yu-Bo Wang (2010) membahas tentang model M/M/C *QuickPass* pada sistem antrian bank dengan menggunakan pendekatan secara analitik untuk menentukan parameter. Penelitian selanjutnya yaitu dilakukan oleh Nurwan dan Subiono, (2010) dalam penelitiannya dibahas tentang penggunaan Petri net dalam memodelkan sistem antrian pada suatu klinik kesehatan yang didalamnya terdapat event yang terjadi. Namun penyelesaian sistem antrian dengan menggunakan Petri net tersebut tidak dapat menunjukkan bahwa pasien yang dilayani sesuai dengan nomor urut antrian pasien.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini dibahas tentang model sistem antrian di salah satu cabang Bank X dengan menggunakan *Coloured Petri Nets* dan *Timed Coloured Petri Nets*. Model sistem antrian tersebut dikonstruksi dan disimulasikan menggunakan *Coloured Petri Nets*. Hal ini dilakukan karena *Coloured Petri Nets* mampu mengidentifikasi urutan pelayanan nasabah sesuai dengan nomor urut antriannya, melalui token yang merupakan representasi dari setiap nasabah. Pengamatan dilakukan pada salah satu cabang Bank X yang memiliki jumlah kedatangan nasabah yang cukup banyak. Data yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan distribusi statistik yang sesuai untuk mendapatkan parameter yang akan digunakan sebagai nilai input pada *Timed Coloured Petri Nets*. Selanjutnya dilakukan analisa pada model sistem antrian. Analisa yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah *teller* yang optimal dalam melayani nasabah untuk meningkatkan performa pelayanan bank. Model antrian pada salah satu cabang Bank X dikonstruksi dengan mengimplementasikan software CPN Tools versi 4.0.1.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang ada, permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimanakah konstruksi model sistem antrian pelayanan nasabah pada salah satu cabang Bank X menggunakan *Coloured Petri Nets*?
2. Bagaimanakah konstruksi dan analisa model sistem antrian pelayanan nasabah pada salah satu cabang Bank X menggunakan *Timed Coloured Petri Nets*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian maka digunakan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Observasi dilakukan pada jam 08:00 - 11:00 WIB.
2. Observasi dilakukan selama 30 hari secara acak.
3. Observasi dilakukan bukan pada saat mahasiswa melakukan pembayaran SPP.
4. Data waktu yang diambil adalah mulai dari waktu nasabah mengambil nomor antrian sampai selesai dilayani oleh *teller*
5. Pelayanan yang dimodelkan hanya untuk nasabah yang datang dan memasuki sistem pelayanan sesuai dengan alur proses yang ada.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Memperoleh konstruksi model sistem antrian di salah satu cabang Bank X menggunakan *Coloured Petri Nets*.
2. Memperoleh konstruksi dan analisa model sistem antrian di salah satu cabang Bank X menggunakan *Timed Coloured Petri nets*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Sebagai masukan bagi manajemen bank untuk mengetahui jumlah *teller* yang optimum dalam sistem pelayanan nasabah pada periode tertentu.
2. Menambah wawasan baru dan kajian baru tentang sistem antrian menggunakan *Timed Coloured Petri Nets*.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai penelitian terdahulu, alur proses pelayanan *teller* pada Bank X cabang ITS dan teori-teori yang terkait dengan penyelesaian penelitian ini. Pertama, dijelaskan mengenai definisi antrian. Selanjutnya, penjelasan metode-metode yang digunakan, yaitu *coloured Petri nets*, distribusi normal, distribusi eksponensial, distribusi Weibull, *Maximum Likelihood Estimation*, dan uji kesesuaian distribusi. Pada bagian akhir bab ini dijelaskan tentang teori uji t berpasangan untuk mendapatkan nilai signifikan tingkat perbedaan data hasil simulasi dengan data hasil pengamatan untuk mengetahui kevalidan model. Berikut adalah uraian dari penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dan teori yang berkaitan dengan penyelesaian masalah dalam penelitian ini.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang pemodelan kejadian sistem diskrit khususnya sistem antrian telah banyak dilakukan. Namun beberapa penelitian yang telah dilakukan sebagian besar fokus pada mencari penyelesaian waktu tunggu yang optimum. Misalkan yang dilakukan oleh Irmayati Hasan (2011) yang membahas tentang bagaimana mengukur model optimal sistem antrian dengan menggunakan pola kedatangan dan pola pelayanan nasabah bank. Analisis pada model antriannya menggunakan *multi channel single phase*. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Yu-Bo Wang (2010) membahas tentang model M/M/C *QuickPass* pada sistem antrian bank dengan menggunakan pendekatan secara analitik untuk menentukan parameter, kemudian dijadikan inputan untuk simulasi menggunakan matlab. Algoritma yang digunakan pada simulasinya yaitu algoritma *greedy*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengenalan model *QuickPass* untuk sistem antrian bank dapat mengurangi waktu tunggu nasabah, namun hasil dari model tersebut tidak menunjukkan hasil secara ekstrim yang berlaku pada global optimum.

Penelitian tersebut tidak dapat menunjukkan simulasi yang merepresentasikan alur sistem antrian yang ada. Salah satu penelitian tentang model antrian yang dapat merepresentasikan alur proses antrian yang terjadi yaitu dengan menggunakan Petri net seperti yang dilakukan oleh Nurwan dan Subiono, (2010) dalam penelitiannya dibahas tentang penggunaan Petri net dalam memodelkan sistem antrian pada suatu

klirik kesehatan yang didalamnya terdapat event yang terjadi. Setiap *place* dan transisi dalam sistem tersebut mempunyai arti masing-masing yang telah didefinisikan. Aljabar max plus juga digunakan untuk memodelkan sistem antrian dari klinik tersebut. Namun penyelesaian sistem antrian dengan menggunakan Petri net tidak dapat menunjukkan bahwa pasien yang dilayani adalah sesuai nomor urut antrian pasien tersebut.

Ganiyu, R. A. (2015) dalam penelitiannya dijelaskan bagaimana mengkonstruksi model alur proses pelayanan pasien pada klinik kesehatan di Nigeria menggunakan *timed coloured Petri nets*. Data yang digunakan merupakan data primer yang diperoleh dari pengamatan selama 4 hari. Validasi pada model dilakukan dengan membandingkan data kedatangan pasien yang diperoleh dari hasil simulasi dengan data hasil pengamatan.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada usulan penelitian ini akan dibahas tentang model sistem antrian di Bank X cabang ITS dengan menggunakan *coloured Petri nets* dan *timed coloured Petri nets*. Hal ini dilakukan karena *coloured Petri nets* mampu mengidentifikasi urutan pelayanan nasabah sesuai dengan nomor urut antriannya, melalui token yang merupakan representasi dari setiap nasabah. Sedangkan *timed coloured Petri nets* mampu menunjukkan jumlah nasabah yang dilayani dan masing-masing waktu pelayanannya.

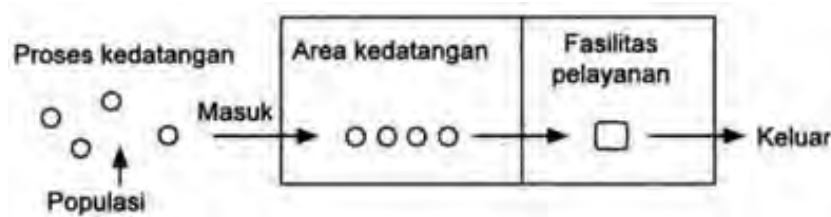
2.2 Teori Antrian

Menurut (Haizer dan Render, 2001) Teori antrian merupakan bagian utama dari pengetahuan tentang antrian. Teori antrian adalah bidang ilmu yang melakukan penelitian untuk mengidentifikasi dan mengukur penyebab serta konsekuensi dari kegiatan mengantri. Suatu kegiatan mengantri adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan seorang pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, yang kemudian menunggu dalam suatu antrian jika semua pelayan dalam keadaan sibuk, sampai akhirnya seorang pelanggan meninggalkan fasilitas tersebut. Sistem antrian dapat digambarkan sebagai suatu keadaan dimana terdapat input (dapat berupa manusia, benda, pekerjaan, dan sebagainya) yang akan dilayani/diproses, masuk ke dalam daerah tunggu dan mengantri untuk selanjutnya mendapatkan pelayanan, dan akhirnya keluar dari sistem.

Sistem antrian dicirikan oleh empat komponen, yaitu:

1. Pola Kedatangan

Sumber masukan yang berisi kedatangan atau pelanggan sistem pelayanan mencakup:



Gambar 2.1: Komponen Utama dalam Sistem Antrian

(a) Ukuran populasi kedatangan

Ukuran tersebut dapat terbatas atau tidak terbatas. Banyak kasus antrian mengasumsikan adanya ukuran populasi yang tak terbatas jumlahnya. Sebagai contoh yaitu mobil yang memasuki gerbang tol, nasabah yang datang melakukan transaksi di bank. Di sisi lain populasi bisa terbatas jumlahnya, misalnya mesin-mesin dalam suatu pabrik yang dijadwalkan secara berkala mendapat perawatan agar tetap bisa memproduksi secara optimal.

(b) Pola kedatangan pada sistem antrian

Pola kedatangan pada suatu fasilitas pelayanan dicirikan oleh waktu antar kedatangan, yakni waktu antar dua pelanggan yang berurutan. Pola tersebut dapat teratur maupun tidak teratur (acak). Pola kedatangan disebut acak jika mereka tidak bergantung satu dan yang lainnya.

(c) Perilaku kedatangan

Model antrian pada umumnya mengasumsikan bahwa pelanggan memiliki perilaku sabar, berapapun panjangnya dalam sistem antrian. Namun tidak semua pelanggan memiliki perilaku sabar, penolakan (*balking*) terjadi jika seorang pelanggan menolak untuk memasuki suatu fasilitas pelayanan karena antriannya terlalu panjang. Pembatalan (*reneging*) terjadi jika seorang pelanggan yang telah berada dalam suatu antrian meninggalkan antrian dan fasilitas pelayanan yang dituju karena pelanggan menunggu terlalu lama.

2. Disiplin Antrian

Disiplin antrian merupakan aturan dalam melayani pelanggan, pada umumnya dalam sistem antrian berlaku:

(a) FCFS (*First Come, First Served*) yaitu pelanggan yang datang pertama akan dilayani terlebih dulu.

(b) LCFS (*Last Come First Served*) yaitu pelanggan yang datang terakhir

akan dilayani lebih dulu.

- (c) SIRO (*Service In Random Order*) yaitu pelayanan dalam urutan acak.
- (d) Antrian prioritas *priority queue* yaitu pelanggan yang memiliki prioritas tinggi akan dilayani lebih dulu.

3. Pola Pelayanan

Pola pelayanan dilihat berdasarkan waktu pelayanan (*service time*), yaitu waktu yang dibutuhkan seorang server (pelayan) untuk melayani seorang pelanggan. Waktu pelayanan ini dapat bersifat deterministik atau berupa suatu variabel acak yang distribusi probabilitasnya dianggap telah diketahui. Besaran ini dapat bergantung pada jumlah pelanggan yang telah berada di dalam fasilitas pelayanan, atau tidak bergantung pada keadaannya. Pelanggan dapat dilayani oleh satu server atau juga bisa membutuhkan suatu barisan pelayanan. Bila tidak disebutkan secara khusus, maka anggapan dasarnya adalah bahwa satu server saja dapat melayani secara tuntas urusan seorang pelanggan.

4. Kapasitas Sistem

Kapasitas sistem adalah jumlah maksimum pelanggan, mencakup yang sedang dilayani dan yang berada dalam antrian, yang dapat ditampung oleh fasilitas pelayanan pada saat yang sama. Sebuah sistem yang tidak membatasi jumlah pelanggan di dalam fasilitas pelayanannya memiliki kapasitas tak berhingga, sedangkan suatu sistem yang membatasi jumlah pelanggan memiliki kapasitas berhingga.

2.3 Alur Proses Pelayanan Teller

Alur proses pelayanan *teller* pada Bank X cabang ITS yaitu sebagai berikut : nasabah datang ke bank kemudian petugas keamanan akan mengarahkan nasabah sesuai dengan keperluannya, kemudian diarahkan pada mesin pengambilan nomor antrian di tempat yang telah disediakan. Pengambilan nomor antrian menyesuaikan kebutuhan dari nasabah. Kemudian nasabah akan dipanggil oleh *teller* berdasarkan nomor urut antriannya jika *teller* dalam keadaan siap untuk melayani, namun jika *teller* dalam keadaan sibuk maka nasabah diminta mengantri di tempat yang telah disediakan. Sistem pelayanan *teller* pada Bank X cabang ITS memiliki lima loket *teller*.

2.4 Coloured Petri Nets

Coloured Petri Nets (CPN) dapat digunakan untuk memodelkan sistem event diskrit, dimana CPN adalah gabungan dari Petri net dengan bahasa pemrograman

ML (*modelling language*). Model *coloured Petri nets* terdiri dari P dan T masing-masing menyatakan *place* dan transisi yang dihubungkan oleh garis berarah. *Place* dapat berfungsi sebagai input atau output suatu transisi. *Place* sebagai input menyatakan keadaan yang harus dipenuhi agar transisi dapat terjadi. Setelah transisi terjadi maka keadaan akan berubah. *Place* yang menyatakan keadaan tersebut adalah output dari transisi.

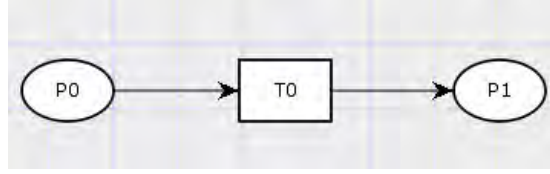
Definisi II.1 (Kurt Jensen, 1997) *Coloured Petri nets* adalah 9-tuple $(\Sigma, P, T, A, N, C, G, E, I)$ dengan

1. Σ = himpunan berhingga tak kosong, disebut color sets
2. P = himpunan berhingga *place* $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$
3. T = himpunan berhingga transisi $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$
4. A = himpunan berhingga *arc*, $P \cap T = P \cap A = T \cap A = \emptyset$
5. N = *node function*, yang didefinisikan sebagai fungsi dari A ke $P \times T \cup T \times P$
6. C = himpunan fungsi *colour*, yang didefinisikan sebagai fungsi dari P ke Σ
7. G = *guard function*, didefinisikan sebagai fungsi dari T ke suatu ekspresi $\forall t \in T: [\text{Tipe}(G(t)) = \text{Bool} \wedge \text{Type}(\text{Var}(G(t))) \subseteq \Sigma]$
8. E = fungsi ekspresi garis berarah yang memetakan ekspresi busur, setiap busur a yang memenuhi $E(a) = C(p)_{ms}$
9. I = fungsi inisialisasi yang memetakan ekspresi inisialisasi setiap *place* p yang memenuhi tipe $[I(p)] = C(p)_{ms}$.

Coloured Petri nets dapat digambarkan sebagai graf berarah. Node atau simpul dari graf berupa *place* yang diambil dari himpunan *place* P atau transisi yang diambil dari himpunan transisi T . Pada *coloured Petri nets* setiap *arc* selalu menghubungkan *place* ke transisi atau transisi ke *place*. Grafik *Coloured Petri nets* terdiri dari dua macam *node* yaitu lingkaran dan persegi. Lingkaran menyatakan *place* sedangkan persegi menyatakan transisi. *Arc* disimbolkan dengan panah yang menghubungkan *place* dan transisi.

Contoh 2.1:

Misal terdapat *coloured Petri nets* yang menggambarkan alur dari nasabah yang datang ke bank. P_0 menunjukkan nasabah, P_1 bagian pelayanan nasabah (*teller*), sedangkan T_0 adalah proses nasabah dilayani. Dari gambar 2.2, P_0 dan P_1



Gambar 2.2: *Coloured Petri nets* yang tidak memuat token

bisa ditulis $P = \{P0, P1\}$ dan satu transisi yaitu $T0$, atau bisa ditulis $T = \{T0\}$. *Arc* dinyatakan dengan pasangan berurutan. Elemen pertama menyatakan asal dan elemen kedua menyatakan tujuan misalnya *arc* dari *place* $P0$ ke transisi $T0$ ditulis $(P0, T0)$ yang menggambarkan nasabah menuju ke *teller* dan $(T0, P1)$ menyatakan *arc* dari transisi $T0$ ke *place* $P1$ yang menggambarkan nasabah sedang dilayani oleh *teller*.

2.4.1 Tanda dan Dinamika Coloured Petri Nets

Token adalah sesuatu yang diletakkan di *place* yang menyatakan terpenuhi tidaknya suatu keadaan. Setiap token mempunyai *data value*, *data value* tersebut disebut dengan *token colour*. Secara grafik bentuk *token colour* digambarkan sesuai dengan tipe variabel pada *placenya*. Tipe variabel dari suatu *place* berupa *integer*, *string* dsb.

Token elemen merupakan sepasang (p, c) dimana $p \in P$ dan $c \in C_{(p)}$, sedangkan *binding* elemen adalah sepasang (t, b) dimana $t \in T$ dan $b \in B_{(t)}$. Semua himpunan *token* dinotasikan dengan TE sedangkan semua himpunan *binding* elemen dinotasikan dengan BE

Marking adalah suatu *multi set* TE pada saat suatu step terbatas dan tidak kosong pada *multi set* BE . Inisialisasi *marking* M_0 adalah suatu *marking* yang diperoleh dengan mengevaluasi ekspresi inisialisasi :

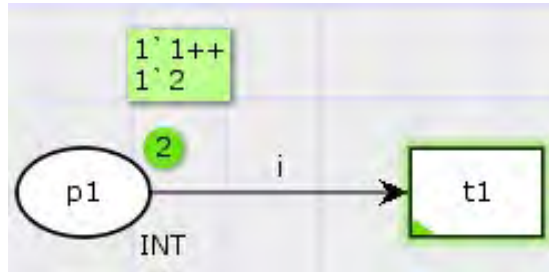
$$\forall (p, c) \in TE : M_0(p, c) = (I(p))(c)$$

Hanya transisi *enabled* yang dapat *difire*. Transisi $t \in T$ *enabled* pada *marking* M , jika ada *binding* b sedemikian sehingga:

1. Evaluasi dari *guard* adalah benar : $eval_b(G(T)) = T$;
2. Untuk setiap *arc* (p, t) , terdapat *token* pada *place* p sehingga $M(p) \geq eval_b(\Sigma(p, t))$;
3. Untuk setiap *arc* (t, p) , tipe dari p adalah $eval_b(\Sigma(p, t))$ adalah himpunan

terbatas atas $\Sigma(p)$

Contoh 2.2:



Gambar 2.3: *Coloured Petri Nets yang enabled*

Coloured Petri nets pada gambar 2.2 dalam kondisi *enabled* karena $M(p_1) \geq eval_b(\Sigma(p_1, t_1))$ hal ini terjadi misalkan ada dua nasabah (p_1) yang sudah mengantri dengan nomor urut 1 dan 2 untuk dilayani oleh *teller*.

Berikut merupakan keterangan *coloured Petri nets* dari gambar 2.3 yaitu sebagai berikut:

1. $\Sigma = \{INT\}$
2. $P = \{p1\}$
3. $T = \{t1\}$
4. $A = \{p1 \text{ ke } t1\}$
5. $C(p) = INT \in \{p1\}$
6. $G(t) = \text{true}$ untuk $t=t1$
7. $E(a) = i \in \{p1 \text{ ke } t1\}$
8. $I(p) = 1'1$ dan $1'2$ untuk $p=p1$

2.5 Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov*

Uji normalitas data bertujuan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak, hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan dan analisis data yang diperoleh. Konsep dasar uji normalitas Kolmogorov Smirnov adalah dengan membandingkan distribusi data (yang akan diuji normalitasnya) dengan distribusi normal baku. Distribusi normal baku adalah data yang telah ditransformasikan ke dalam bentuk Z-Score.

Langkah-langkah uji normalitas *Kolmogorof* sebagai berikut :

1. Menentukan hipotesis awal dan hipotesis tandingan

Hipotesis:

$$H_0 : f(x) = \text{normal}$$

$$H_0 : f(x) \neq \text{normal}$$

2. Menghitung nilai standar deviasi $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ dimana $\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$
3. Data disusun berurutan mulai dari yang terkecil diikuti dengan frekuensi masing-masing (f), frekuensi kumulatif (F)
4. Menghitung nilai frekuensi dibagi dengan jumlah data ($\frac{f}{n}$)
5. Menghitung nilai frekuensi kumulatif dibagi dengan jumlah data $\frac{F}{n}$
6. Menghitung nilai Z dengan rumus $Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$
7. Mencari nilai probabilitas di bawah nilai Z ($P \leq Z$), dapat dicari pada tabel Z .
8. Menghitung nilai A yaitu selisih masing-masing nilai $\frac{F}{n}$ dengan ($P \leq Z$)
9. Menghitung nilai $D_{hitung} = \sup |(\frac{f}{n}) - A|$ yaitu selisih masing-masing ($\frac{f}{n}$) dengan nilai A
10. Membandingkan nilai D_{hitung} dengan D_{tabel}
11. Menentukan kriteria penolakan Jika nilai $D_{hitung} \geq D_{tabel}$, maka H_0 ditolak (tabel yang digunakan adalah tabel *kolmogorov Smirnov*)

2.6 Distribusi Normal

Distribusi normal (Gaussian) merupakan distribusi yang paling banyak digunakan sebagai model bagi data riil diberbagai bidang. Terdapat empat alasan mengapa distribusi normal menjadi distribusi yang paling penting :

1. Distribusi normal terjadi secara ilmiah. Banyak peristiwa di dunia nyata yang berdistribusi normal.
2. Beberapa variabel acak yang tidak terdistribusi secara normal dapat dengan mudah ditransformasi menjadi suatu variabel acak normal.

3. Banyak hasil dan teknik analisis yang berguna dalam pekerjaan statistik hanya bisa berfungsi dengan benar jika model distribusi merupakan distribusi normal.
4. Ada beberapa variabel acak yang tidak menunjukkan distribusi normal pada populasinya, namun distribusi dari rata-rata sample yang diambil secara *random* dari populasi tersebut ternyata menunjukkan distribusi normal.

Fungsi kepadatan peluang (pdf) distribusi normal adalah sebagai berikut:

$$f(x, \mu_x, \sigma_x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \mu_x)^2}{(2\sigma_x^2)}}; -\infty < x < \infty \quad (2.1)$$

Distribusi normal kumulatif didefinisikan sebagai probabilitas variabel acak normal X bernilai kurang dari satu atau sama dengan suatu nilai x tertentu. Maka fungsi distribusi kumulatif (cdf) dari distribusi normal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F(x; \mu_x, \sigma_x) &= P(X \leq x) \\ &= \int_{-\infty}^x f(t; \mu_x, \sigma_x) dt \\ &= \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t - \mu_x)^2}{(2\sigma_x^2)}} dt \end{aligned} \quad (2.2)$$

2.7 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial memainkan peran yang penting dalam teori antrian dan teori keandalan (reliabilitas). Jarak antara waktu kedatangan pada fasilitas pelayanan (misalnya bank).

Fungsi kepadatan peluang (pdf) distribusi eksponensial dengan parameter λ adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x}{\lambda}}; x > 0 \quad (2.3)$$

2.8 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull diperkenalkan oleh seorang matematikawan yang bernama Wallodi Weibull. Distribusi Weibull sering digunakan dalam pemodelan analisis kelangsungan hidup yang memiliki daerah fungsi peluang densitas positif dengan Peubah Acak kontinu. Distribusi Weibull memiliki dua parameter, yaitu:

1. θ parameter bentuk *shape* yaitu menggambarkan bentuk distribusi pada distribusi Weibull

2. β parameter skala *scale* yaitu menggambarkan sebaran data pada distribusi Weibull.

Fungsi kepadatan peluang (pdf) dari suatu distribusi Weibull (θ, β) adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \left(\frac{\beta}{\theta}\right) \left(\frac{x}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-(\frac{x}{\theta})^\beta}; x > 0, \beta > 0, \theta > 0 \quad (2.4)$$

Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi Weibull didefinisikan sebagai berikut :

$$F(x) = 1 - e^{-(\frac{x}{\theta})^\beta} \quad (2.5)$$

2.9 Maximum Likelihood Estimation

Maximum Likelihood Estimation (MLE) adalah salah satu metode untuk memperoleh estimasi parameter. Estimasi parameter didapatkan dengan memaksimumkan fungsi log *likelihood*. Fungsi *likelihood* merupakan perkalian pdf dari n sampel *random*. Fungsi *likelihood* dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L(x_1, \dots, x_n; \xi, \sigma) &= f(x_1; \xi, \sigma) \dots f(x_n; \xi, \sigma) \\ &= \prod_{i=1}^n f(x_i; \xi, \sigma) \end{aligned} \quad (2.6)$$

dan fungsi log *likelihood* dapat dituliskan sebagai berikut [8]:

$$\ln L(x_1, \dots, x_n; \xi, \sigma) = \ln \prod_{i=1}^n f(x_i; \xi, \sigma) \quad (2.7)$$

Untuk mendapatkan hasil estimasi, turunan parsial pertama fungsi log *likelihood* terhadap parameter yang akan diestimasi adalah sama dengan 0 sehingga menghasilkan persamaan yang *closed form*. Persamaan *closed form* adalah persamaan dari hasil estimasi parameter yang tidak memuat parameter dari distribusi.

Untuk menyelesaikan persamaan yang tidak *closed form* digunakan metode numerik salah satunya yaitu metode Newton-Raphson. [6]

Metode Newton-Raphson dilakukan dengan iterasi untuk memaksimumkan fungsi log *likelihood*. Berikut tahapan dalam melakukan iterasi Newton-Raphson, yaitu:

1. Mensubstitusi salah satu persamaan estimasi parameter ke persamaan estimasi parameter yang lain.

2. Menentukan nilai estimasi awal

3. Melakukan iterasi Newton-Raphson dengan persamaan berikut:

$$\xi_{n+1} = \xi_n - \frac{f(\xi)}{f'(\xi)} \quad (2.8)$$

Iterasi akan berhenti saat $|\xi_{n+1} - \xi_n| < \epsilon$

2.10 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi nilai sampel yang diamati sesuai dengan distribusi teoritis (normal, eksponensial, Weibull). Untuk menguji kesesuaian distribusi digunakan uji *Kolmogorof-Smirnov*.

1. Uji kesesuaian distribusi eksponensial

Prosedur yang dilakukan adalah

a. Menentukan Statistik Uji

$$D_{hitung} = \sup |F(x) - S(x)|$$

Keterangan

$F(x)$: fungsi distribusi kumulatif dari suatu distribusi eksponensial

$S(x)$: fungsi distribusi kumulatif dari suatu distribusi pengamatan

b. Menentukan Kriteria Penolakan

Jika nilai $D_{hitung} \geq D_{tabel}$, maka H_0 ditolak (tabel yang digunakan adalah tabel *Kolmogorov Smirnov*).

Langkah-langkah pengujian :

- Menetapkan hipotesis awal dan hipotesis tandingan

Hipotesis :

H_0 : data mengikuti distribusi eksponensial

H_1 : data tidak mengikuti distribusi eksponensial

- Menghitung statistik uji

Banyaknya parameter pada distribusi eksponensial adalah λ yang menyatakan nilai rata-rata. Untuk menentukan harga $F(x)$ maka nilai λ harus ditentukan dengan cara:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Keterangan: $\bar{X} = \lambda$ = rata-rata

Ditentukan nilai probabilitas untuk masing-masing x, dari eksponensial

nensial :

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

$S(x)$ diperoleh dari frekuensi kumulatif masing-masing nilai X_i dibagi dengan jumlah sampel.

- Menetapkan α (taraf signifikansi)
 $\alpha = 0,05$
- Menentukan daerah penolakan
 D_{hitung} didapatkan dari tabel *Kolmogorov Smirnov* sesuai dengan n yang ada dan simpangan baku yang didapatkan [12]
- Membuat kesimpulan
Membandingkan antara D_{hitung} dengan D_{tabel} jika $D_{hitung} < D_{tabel}$ maka gagal tolak H_0 (diterima) dan jika nilai $D_{hitung} > D_{tabel}$ maka H_0 ditolak
- Membuat interpretasi dari kesimpulan
Jika gagal tolak H_0 maka data yang diuji adalah berdistribusi eksponensial

2. Uji kesesuaian ditribusi Weibull

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara fungsi distribusi hasil pengamatan dengan fungsi distribusi teoritik tertentu. Prosedur yang dilakukan adalah

a. Menentukan Statistik Uji

$$D_{hitung} = \sup |F(x) - S(x)|$$

Keterangan

$F(x)$: fungsi distribusi kumulatif dari suatu distribusi Weibull

$S(x)$: fungsi distribusi kumulatif dari suatu distribusi pengamatan

b. Menentukan Kriteria Penolakan

Jika nilai $D_{hitung} \geq D_{tabel}$, maka H_0 ditolak (tabel yang digunakan adalah tabel *Kolmogorov Smirnov*).

Langkah-langkah pengujian :

- Menetapkan hipotesis awal dan hipotesis tandingan
Hipotesis :
 H_0 : data mengikuti distribusi Weibull
 H_1 : data tidak mengikuti distribusi Weibull

- Menghitung statistik uji

Banyaknya parameter pada distribusi Weibull adalah $\hat{\theta}$ dan $\hat{\beta}$. Untuk menentukan harga $F(x)$ maka nilai $\hat{\theta}$ harus ditentukan dengan cara:

$$\hat{\theta} = \sqrt[\beta]{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta}{n}}$$

sedangkan nilai $\hat{\beta}$ ditentukan dengan cara:

$$-\frac{1}{\beta} + \frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^\beta} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n} = 0$$

nilai θ dan β didapatkan dengan menggunakan penyelesaian secara numerik.

Ditentukan nilai probabilitas untuk masing-masing x , dari Weibull :

$$F(x) = 1 - e^{-(\frac{x}{\theta})^\beta}$$

$S(x)$ diperoleh dari frekuensi kumulatif masing-masing nilai x_i dibagi dengan jumlah sampel.

- Menetapkan α (taraf signifikansi)
 $\alpha = 0,05$
- Menentukan daerah penolakan
 D_{hitung} didapatkan dari tabel *Kolmogorov Smirnov* sesuai dengan n yang ada dan simpangan baku yang didapatkan
- Membuat kesimpulan
Membandingkan antara D_{hitung} dengan D_{tabel} jika $D_{hitung} < D_{tabel}$ maka gagal tolak H_0 (diterima) dan jika nilai $D_{hitung} > D_{tabel}$ maka H_0 ditolak
- Membuat interpretasi dari kesimpulan
Jika gagal tolak H_0 maka data yang diuji adalah berdistribusi Weibull

2.11 Uji T

Uji t digunakan untuk menguji hipotesa komparatif (uji perbedaan), digunakan untuk sampel kecil dibawah 30.

Secara umum asumsi uji t adalah sebagai berikut :

- Sampel yang diambil berdistribusi normal atau mendekati normal atau bisa dianggap normal.
- Besaran t hitung bisa ditentukan dengan dua kemungkinan :
 - Varians kedua populasi yang diuji sama
 - Varians kedua populasi yang diuji berbeda

Langkah-langkah uji t menggunakan aplikasi SPSS yaitu sebagai berikut:

- *Entry data*
- Pilih menu *Analyze* → *Compare Mean* → *Paired Sample t*
- Masukkan nilai Pre dan Post dalam kotak *Paired Variables*
- Pilih *Continue* → OK

Interpretasi hasil uji t berpasangan yaitu

1. Membandingkan nilai t hitung dengan nilai t tabel
Jika nilai t hitung lebih besar dari nilai t pada tabel, maka berarti H₀ ditolak dan H₁ diterima begitu juga sebaliknya.
2. Membandingkan harga signifikansi (p)
Jika nilai $p < 0.05$ maka H₀ ditolak dan H₁ diterima begitu juga sebaliknya.

BAB III

METODA PENELITIAN

Pada bagian ini diuraikan beberapa tahapan penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.

3.1 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pemahaman konsep, mengkaji teori mengenai *Coloured Petri Nets*, *Timed Coloured Petri Nets*, distribusi normal, distribusi eksponensial, distribusi Weibull, *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), dan uji t berpasangan. Pengkajian dilakukan dengan mengumpulkan beberapa informasi melalui buku-buku literatur, jurnal dan artikel.

2. Melakukan Pengamatan dan Pengambilan Data

Pengamatan dilakukan untuk mengetahui alur proses sistem antrian pelayanan teller dan jumlah teller yang melayani nasabah. Data yang diperoleh dari hasil pengambilan data pada Bank X yaitu sebagai berikut:

(a) Data waktu kedatangan nasabah

Data ini diambil dengan cara mencatat waktu kedatangan setiap nasabah pada saat mengambil nomor antrian dengan menekan tombol bagian atas untuk *teller*.

(b) Data waktu antrian nasabah

Data waktu antrian nasabah diambil dengan mencatat waktu nasabah memasuki sistem pelayanan terhitung sejak waktu nasabah mengambil nomor antrian *teller* sampai dengan nasabah dilayani oleh *teller*.

(c) Data waktu pelayanan

Data waktu pelayanan diambil dengan mencatat waktu nasabah memasuki sistem pelayanan *teller* pada loket yang terhitung sejak satu nasabah dipanggil oleh *teller* sampai dengan selesai dilayani.

3. Mengkonstruksi Model CPN

Pada tahap ini dilakukan konstruksi model alur proses pelayanan *teller* pada

Bank X berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan *Coloured Petri Nets*.

4. Pengolahan Data

(a) Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi sebuah data mengikuti atau mendekati distribusi normal.

(b) Estimasi Nilai Parameter

Dalam tahap ini dilakukan estimasi parameter dari distribusi normal untuk data rata-rata interval waktu kedatangan nasabah dan data rata-rata durasi waktu pelayanan. Estimasi parameter eksponensial untuk data interval waktu pelayanan nasabah tanggal 1 Maret 2016. Estimasi parameter distribusi weibull untuk data interval waktu kedatangan nasabah tanggal 1 Maret 2016, 22 Maret 2016, dan 21 April 2016 dan data waktu pelayanan tanggal 22 Maret 2016 dan 21 April 2016. Estimasi dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation*

(c) Uji Kesesuaian Distribusi

Pada tahap ini dilakukan uji kesesuaian distribusi untuk menguji apakah benar data rata-rata interval waktu kedatangan nasabah dan data waktu pelayanan mengikuti distribusi normal. Data waktu pelayanan tanggal 1 Maret 2016 mengikuti distribusi eksponensial sedangkan data interval kedatangan mengikuti distribusi Weibull. Data interval waktu kedatangan, waktu pelayanan tanggal 22 Maret 2016 dan 21 April 2016 mengikuti distribusi weibull. Uji kesesuaian distribusi dilakukan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

5. Mengkonstruksi Model TCPN

Pada tahap ini dilakukan penggabungan nilai parameter yang dihasilkan dari pengolahan data dengan model *Coloured Petri Nets* sehingga model CPN menjadi model *Timed Coloured Petri Nets*.

6. Validasi Model TCPN

Validasi model TCPN dilakukan untuk mengetahui kevalidan model dengan menggunakan uji t.

7. Simulasi dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan simulasi pada model sistem antrian Bank X menggu-

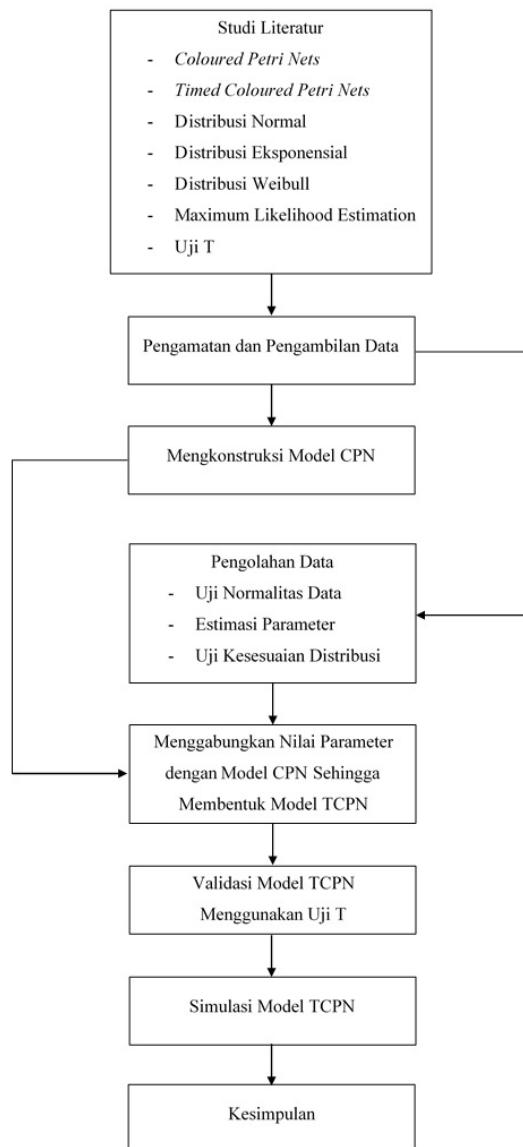
nakan *timed coloured Petri nets*. Analisis yang dilakukan yaitu waktu pelayanan nasabah pada saat jumlah *teller* yang melayani yaitu 5, 4, 3, 2, 1. Dengan tujuan untuk mengetahui berapa jumlah *teller* yang optimum dalam melayani nasabah untuk meningkatkan performa pelayanan bank.

8. Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diperoleh.

3.2 Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur dari penelitian ini.



Gambar 3.1: Diagram alur penelitian

BAB IV

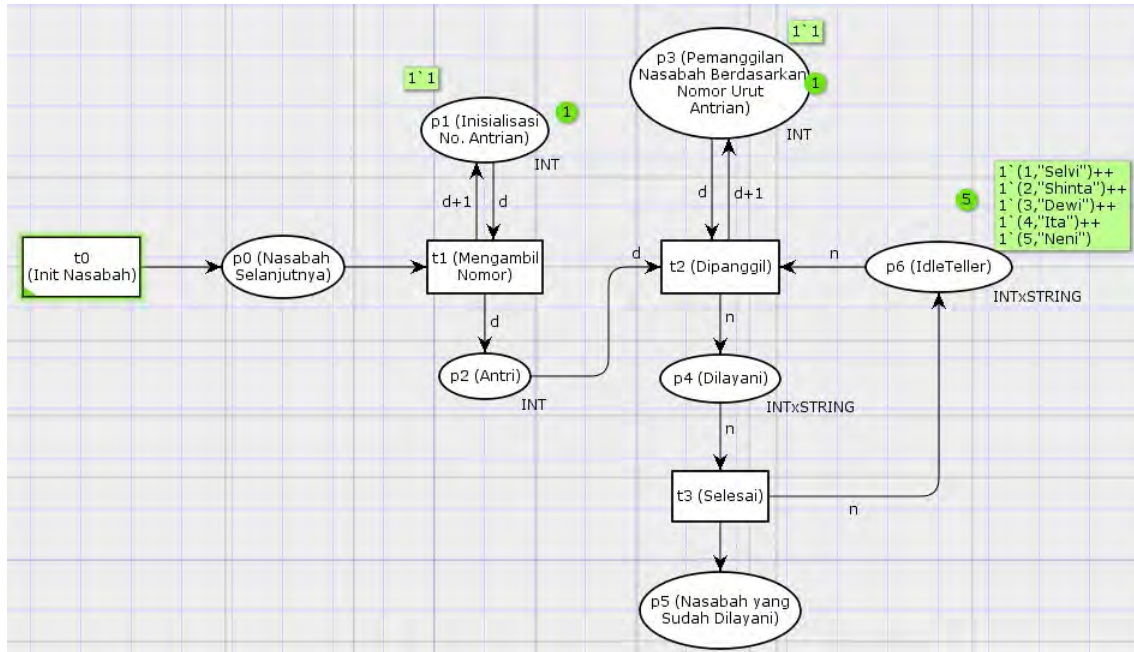
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai konstruksi model alur sistem antrian *teller* pada Bank X cabang ITS menggunakan *timed coloured Petri nets*. Pembahasan dimulai dengan konstruksi model menggunakan *coloured Petri nets*. Selanjutnya dilakukan uji normalitas *kolmogorov-Smirnov* pada setiap data yang diolah. Kemudian dilakukan estimasi parameter distribusi normal, distribusi eksponensial, dan distribusi weibull menggunakan *Maximum Likelihood Estimation*, nilai estimasi parameter tersebut digunakan sebagai nilai input pada model *timed coloured Petri nets* alur sistem antrian *teller*. Selanjutnya dilakukan simulasi pada model *timed coloured Petri nets* dan menganalisa hasil simulasi tersebut. Model divalidasi menggunakan uji t berpasangan. Berdasarkan hasil simulasi akan diketahui durasi pelayanan masing-masing nasabah dan rata-rata waktu pelayanan nasabah pada saat *teller* yang melayani sebanyak 5, 4, 3, 2, dan 1 *teller*.

4.1 Model Coloured Petri Nets Alur Sistem Pelayanan Bank X

Pada alur sistem antrian pada Bank X cabang ITS yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya dapat dikonstruksi model alur *coloured Petri nets*. Sebelum mengkonstruksi model alur sistem antrian, diberikan terlebih dahulu keterangan mengenai variabel yang digunakan dalam *coloured Petri nets*. Variabel p_i , $i = 0, 1, 2, \dots$ merupakan variabel *place* atau suatu keadaan yang menyatakan dimana nasabah berada, sedangkan variabel t_i , $i = 1, 2, 3, \dots$ merupakan variabel transisi yang menyatakan suatu keadaan nasabah (alur proses yang sedang dialami oleh nasabah).

Variabel *place* (p_i) digambarkan berupa lingkaran berbentuk elips sedangkan variabel *transisi* (t_j) digambarkan dengan persegi, *place* dan transisi dihubungkan oleh *arc* yang digambarkan dengan garis panah. Peletakan token pada sebuah *place* diletakkan diawal *place* yaitu pada saat t_0 di *fire* yang menunjukkan terdapat nasabah datang ke bank. Model *coloured Petri nets* dari alur sistem pelayanan nasabah di Bank X diberikan sebagai berikut :



Gambar 4.1: Model *Coloured Petri Nets* Pelayanan Nasabah

Keterangan Gambar 4.1 *coloured Petri nets* pelayanan nasabah

- t_0 = Proses kejadian nasabah datang ke Bank
- t_1 = Nasabah sedang mengambil nomor antrian *teller*
- t_2 = Proses kejadian nasabah dipanggil oleh *teller*
- t_3 = Suatu kejadian nasabah selesai dilayani oleh *teller*
- p_0 = Keadaan nasabah datang ke bank kemudian mengambil nomor antrian
- p_1 = Inisialisasi nomor antrian *teller* yang menunjukkan nomor antrian nasabah selanjutnya
- p_2 = Nasabah dalam keadaan antri untuk dilayani oleh *teller*
- p_3 = Inisialisasi nomor antrian *teller* nasabah yang akan dilayani selanjutnya
- p_4 = Suatu keadaan nasabah sedang dilayani oleh *teller*
- p_5 = Keadaan nasabah telah selesai dilayani oleh *teller*
- p_6 = Jumlah *teller* yang siap untuk melayani nasabah sebanyak lima *teller*

Pada gambar 4.1 tidak memuat *place* sebagai kondisi yang terhubung dengan t_0 dikarenakan transisi tersebut merepresentasikan nasabah yang akan datang ke bank. Banyaknya nasabah yang datang ke bank tidak terbatas. Nasabah yang telah datang ke bank siap untuk mengambil nomor antrian berada pada posisi *place* p_0 . Nasabah tersebut dapat mengambil nomor antrian sehingga pada alur

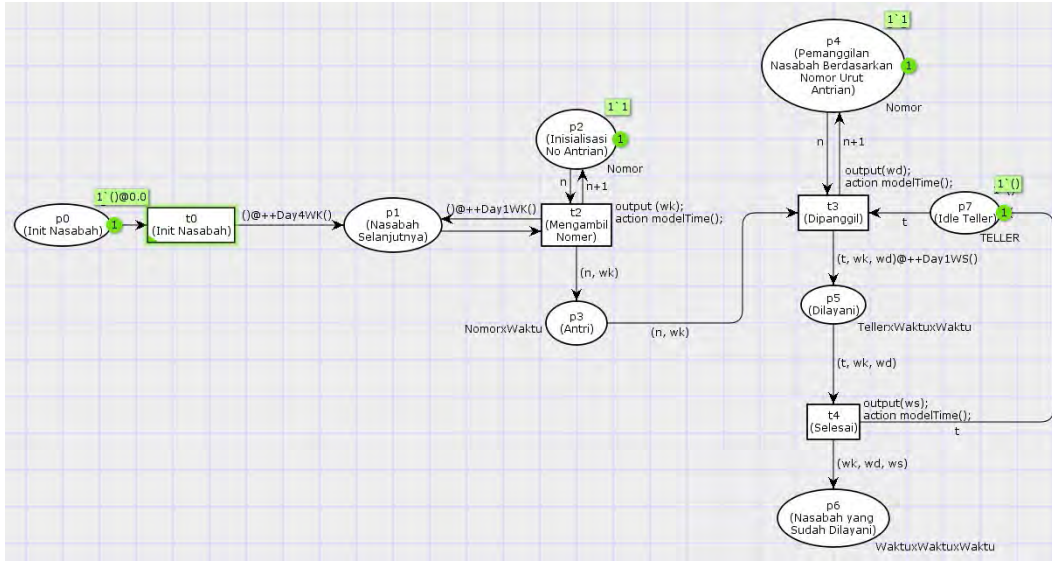
coloured Petri nets terdapat transisi t_1 yang merupakan representasi dari proses pengambilan nomor antrian *teller*, sehingga ada garis panah yang menghubungkan p_0 ke t_1 . Nasabah mengambil nomor antrian sesuai dengan urutan kedatangannya, sehingga ada garis panah yang menghubungkan t_1 ke p_1 begitu juga sebaliknya p_1 ke t_1 . Setelah nasabah mengambil nomor antrian namun *teller* belum ada yang siap untuk melayani maka nasabah mengantri, sehingga terdapat garis panah yang menghubungkan t_1 ke p_2 , nasabah yang sedang antri berada pada *place* p_2 . Jika *teller* sudah siap untuk melayani yang ditunjukkan oleh adanya *token* pada *place* p_6 , maka nasabah akan dipanggil berdasarkan nomor urut antriannya sehingga terdapat garis panah yang menghubungkan p_2 ke t_2 , p_3 ke t_2 , t_2 ke p_3 , dan p_6 ke t_2 . Proses pemanggilan nasabah terjadi pada transisi t_2 . Nasabah yang telah dipanggil akan dilayani oleh *teller*, nasabah yang dilayani berada pada *place* p_4 sehingga ada garis panah yang menghubungkan t_2 ke p_4 . *Teller* yang sudah selesai melayani transaksi nasabah dan siap untuk melayani nasabah selanjutnya maka berada pada *place* p_6 dengan ditunjukkan oleh adanya garis panah yang menghubungkan t_3 ke p_6 . Proses yang menunjukkan nasabah selesai dilayani yaitu pada transisi t_3 sehingga terdapat garis panah yang menghubungkan p_4 ke t_3 . Nasabah yang telah selesai dilayani oleh *teller* berada pada *place* p_5 keadaan tersebut ditunjukkan dengan adanya garis panah yang menghubungkan t_3 ke p_5 .

4.2 Model *Timed Coloured Petri Nets* Alur Sistem Antrian Bank X

Pada model *coloured Petri nets* alur sistem antrian *teller* yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya dapat dikembangkan model *timed coloured Petri nets*. Sebelum mengkonstruksi model *timed coloured Petri nets* diberikan terlebih dahulu keterangan mengenai perbedaan variabel yang digunakan dalam *timed coloured Petri nets* dengan *coloured Petri nets*.

Variabel *place* (p_i) mempunyai *colorset* yang berbeda-beda disesuaikan dengan keadaan yang terjadi. *Place* dan transisi dihubungkan oleh *arc* yang digambarkan dengan garis panah, masing-masing garis panah mempunyai ekspresi yang berbeda disesuaikan dengan *colorset* dari *place* yang terhubung.

Pada gambar 4.2 terdapat *place* p_0 yang memuat token sebanyak satu dengan type *color set* UNIT, token tersebut merupakan inisialisasi kedatangan nasabah. *Color set* UNIT digunakan untuk model waktu kedatangan nasabah yang mengacu pada *time stamp* seperti $()@++\text{Day1WK}()$ yang merupakan bobot garis panah dari t_0 ke p_1 . *Function* $\text{Day1WK}()$ digunakan untuk menghasilkan waktu kedatangan nasabah. Transisi t_2 merupakan proses pengambilan nomor antrian nasabah sehingga terdapat garis panah yang menghubungkan p_1 ke t_2 .



Gambar 4.2: Model *Timed Coloured Petri Nets* Pelayanan Nasabah

Place p_2 mempunyai token sebanyak satu dengan *color set* Nomor dan tipe integer. Token tersebut merupakan inisialisasi untuk menampilkan nomor antrian nasabah dan direpresentasikan dengan garis panah yang menghubungkan p_2 ke t_1 . Selanjutnya untuk menampilkan nomor antrian berikutnya digunakan garis panah yang menghubungkan t_1 ke p_2 .

Nasabah yang sedang antri untuk dilayani berada pada Place p_3 . Place p_3 mempunyai *color set* NomorxWaktu yang merupakan *record* dari dua data. Data pertama berisi nomor antrian dan dinotasikan dengan Nomor, sedangkan data kedua berisi waktu kedatangan dan dinotasikan dengan Waktu dengan tipe *realtimed*. Seorang nasabah yang telah mengambil nomor antrian kemudian menunggu untuk dilayani direpresentasikan dengan garis panah t_2 ke p_3 . Kejadian ini digambarkan dalam bentuk ekspresi (n, wk) dengan n = Nomor dan wk = WaktuKedatangan.

Jika *teller* sudah siap untuk melayani yang ditunjukkan oleh adanya *token* pada place p_7 . Selanjutnya nasabah akan dipanggil berdasarkan nomor urut antrian, sehingga terdapat garis panah yang menghubungkan p_4 ke t_3 dan t_3 ke p_4 untuk memanggil nasabah berikutnya. Nasabah yang dipanggil ditunjukkan dengan adanya garis panah yang menghubungkan p_3 ke p_2 . Proses pemanggilan nasabah terjadi pada transisi t_2 . Nasabah yang dilayani berada pada place p_4 , sehingga ada garis panah yang menghubungkan t_3 ke p_5 . Garis panah yang menghubungkan t_3 ke p_5 mempunyai ekspresi $(t, wk, wd)@++Day1WS$ yang terdiri dari tiga variabel, variabel pertama adalah t = teller variabel kedua wk = Waktu Kedatangan dan variabel ketiga wd = Waktu Dilayani. *Function* Day1WS digunakan untuk

menghasilkan waktu nasabah selesai dilayani.

Teller yang sudah selesai melayani transaksi nasabah dan siap untuk melayani nasabah selanjutnya maka berada pada *place* p_7 dan ditunjukkan oleh garis panah yang menghubungkan t_4 ke p_7 . Proses yang menunjukkan nasabah selesai dilayani yaitu pada transisi t_4 sehingga terdapat garis panah yang menghubungkan p_5 ke t_4 . Nasabah yang telah selesai dilayani oleh *teller* berada pada *place* p_5 dan ditunjukkan dengan adanya garis panah yang menghubungkan t_4 ke p_6 , dengan ekspresi garis (wk, wd, ws) yang terdiri dari tiga variabel. variabel pertama yaitu wk = WaktuKedatangan, variabel kedua wd = WaktuDilayani dan yang ketiga adalah ws = WaktuSelesai. *Place* p_6 mempunyai *colorset* WaktuxWaktuxWaktu yang digunakan untuk menampilkan waktu kedatangan nasabah, waktu nasabah mulai dilayani dan waktu nasabah selesai dilayani.

4.3 Pengolahan Data

Pada bagian ini dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai estimasi parameter. Nilai estimasi parameter tersebut dijadikan nilai input pada model *timed coloured Petri nets* alur proses pelayanan *teller*. Data diolah dengan menggunakan dua pendekatan penyelesaian. Pertama, diambil nilai rata-rata dari populasi sampel pada masing-masing hari sebanyak dua puluh lima hari dari tiga puluh hari hasil pengamatan. Sedangkan data lima hari yang lainnya digunakan untuk uji validasi model. Pendekatan yang kedua yaitu diambil sampel populasi sebanyak tiga hari dari tiga puluh hari hasil pengamatan, pengambilan hari dilakukan secara *random*.

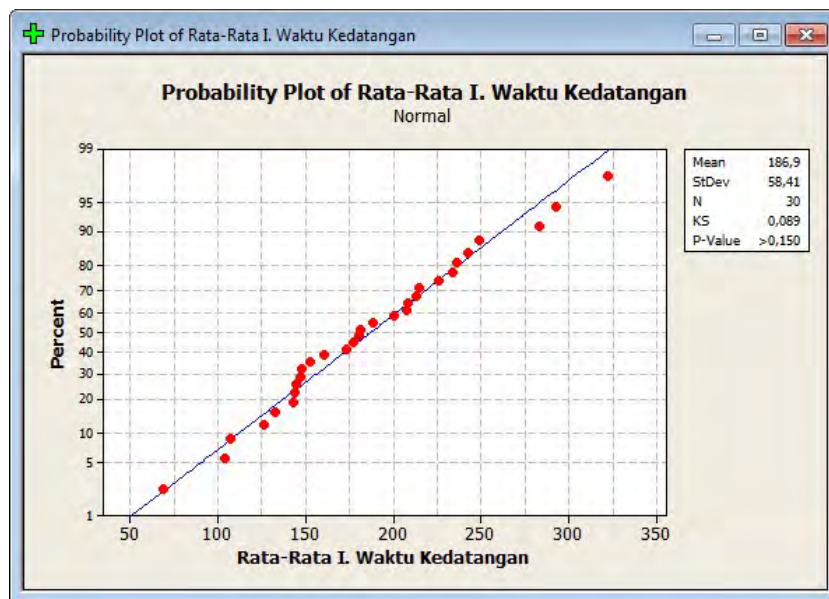
4.3.1 Uji Normalitas

Uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* adalah uji yang bertujuan untuk mengetahui apakah data dalam variabel yang akan dianalisis berdistribusi normal. Data yang baik dalam penelitian adalah data yang memiliki distribusi normal. Data berdistribusi normal artinya data mempunyai sebaran merata sehingga dapat mewakili populasi. Suatu data berdistribusi normal apabila titik-titik yang berwarna merah mengikuti garis lurus biru dan statistik p-value $\geq \alpha$ dimana $\alpha = 0,05$. Pada bagian ini uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* dilakukan dengan menggunakan program minitab.

Adapun hasil uji normalitas dari masing-masing data adalah sebagai berikut:

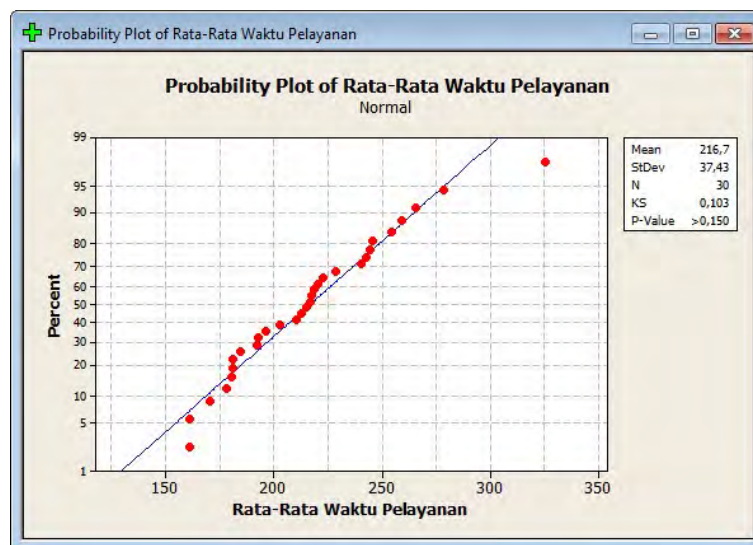
1. Uji Normalitas Data Rata-Rata Interval Waktu Kedatangan

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa titik-titik merah mengikuti garis lurus dan mempunyai P-Value = 0,150 artinya $0.150 > 0.05$, sehingga data rata-rata interval waktu kedatangan nasabah mengikuti distribusi normal.



Gambar 4.3: Uji normalitas data rata-rata interval waktu kedatangan

2. Uji Normalitas Data Rata-Rata Waktu Waktu Pelayanan

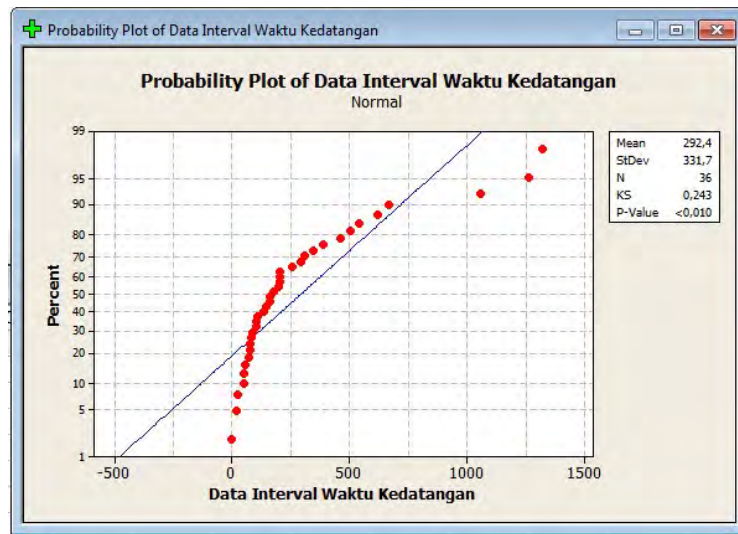


Gambar 4.4: Uji normalitas data rata-rata durasi waktu pelayanan

Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa titik-titik merah mengikuti garis lurus dan nilai P-Value = 0,150 artinya $0,15 > 0,05$, sehingga data rata-rata waktu pelayanan mengikuti distribusi normal.

3. Uji Normalitas Data Interval Waktu Kedatangan pada Tanggal 22 Maret 2016

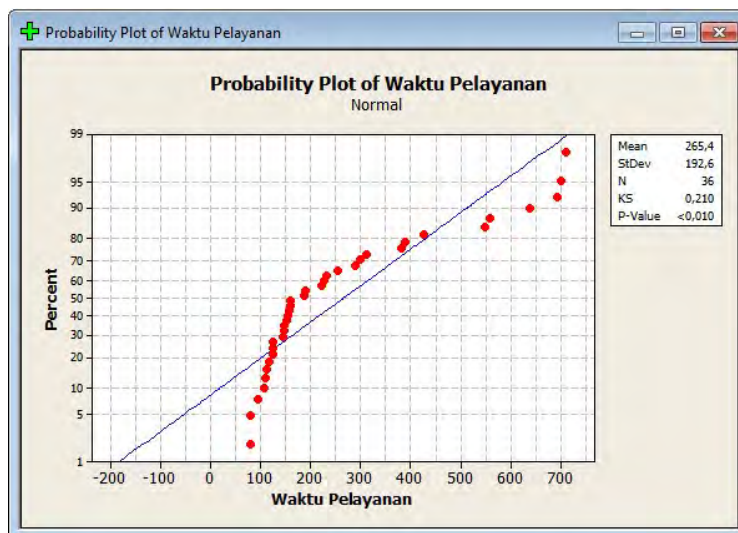
Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa titik-titik merah tidak mengikuti garis



Gambar 4.5: Uji normalitas data interval waktu kedatangan tanggal 22 Maret 2016

lurus dan mempunyai P-Value = 0,010 artinya $0,010 < 0,05$, sehingga data interval waktu kedatangan nasabah pada tanggal 22 Maret 2016 tidak mengikuti distribusi normal.

4. Uji Normalitas Data Waktu Pelayanan pada Tanggal 22 Maret 2016

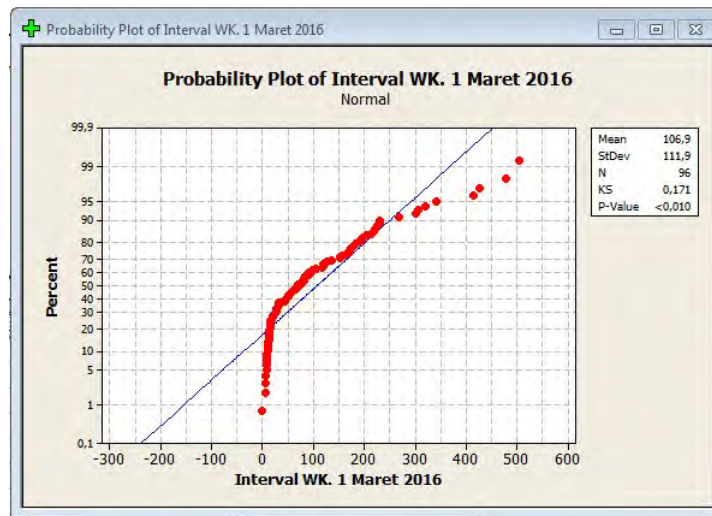


Gambar 4.6: Uji normalitas data waktu pelayanan tanggal 22 Maret 2016

Pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa titik-titik merah tidak mengikuti garis lurus dan mempunyai P-Value = 0,010 artinya $0,01 < 0,05$, sehingga data tersebut tidak mengikuti distribusi normal.

5. Uji Normalitas Data Interval Waktu Kedatangan Nasabah pada Tanggal 1

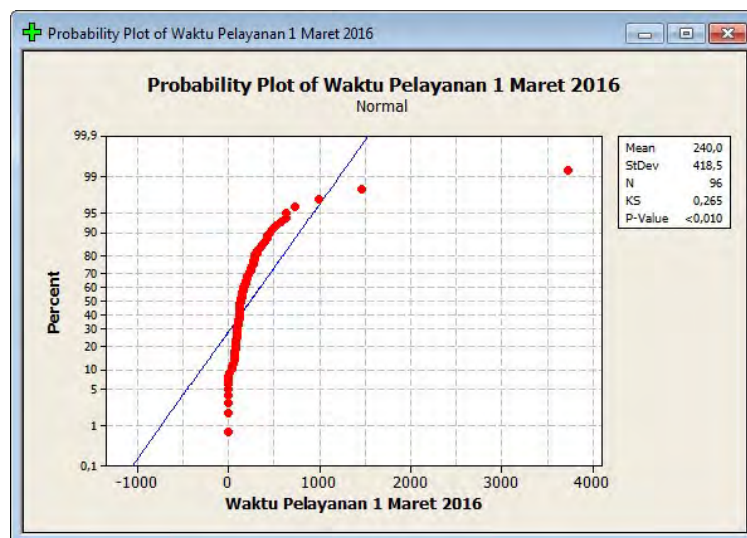
Maret 2016



Gambar 4.7: Uji normalitas data interval waktu kedatangan tanggal 1 Maret 2016

Pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa titik-titik merah tidak mengikuti garis lurus dan mempunyai P-Value = 0,010 artinya $0,01 < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa data tidak mengikuti distribusi normal.

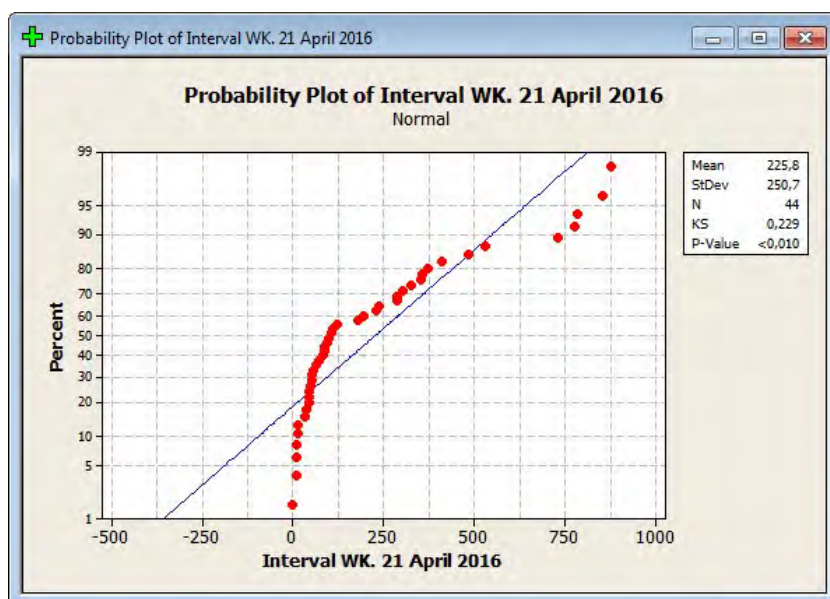
6. Uji Normalitas Data Waktu Pelayanan pada Tanggal 1 Maret 2016



Gambar 4.8: Uji normalitas data waktu pelayanan tanggal 1 Maret 2016

Pada Gambar 4.8 menunjukkan bahwa titik-titik merah tidak mengikuti garis lurus dan mempunyai P-Value = 0,010 artinya $0,01 < 0,05$, sehingga data waktu pelayanan pada tanggal 1 April 2016 tidak mengikuti distribusi normal.

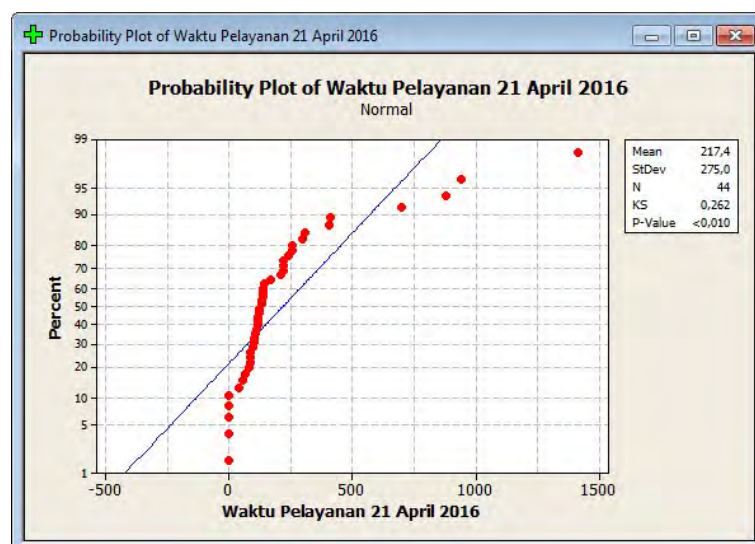
7. Uji Normalitas Data Interval Waktu Kedatangan pada Tanggal 21 April 2016



Gambar 4.9: Uji normalitas data waktu pelayanan tanggal 21 April 2016

Pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa titik-titik merah tidak mengikuti garis lurus dan mempunyai P-Value = 0,010 artinya $0,010 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data interval waktu kedatangan pada tanggal 21 April 2016 tidak mengikuti distribusi normal.

8. Uji Normalitas Data Interval Waktu Pelayanan pada Tanggal 21 April 2016



Gambar 4.10: Uji normalitas data waktu pelayanan tanggal 21 April 2016

Pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa titik-titik merah tidak mengikuti garis

lurus dan mempunyai P-Value = 0,010 artinya $0,01 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data waktu pelayanan pada tanggal 21 April 2016 tidak mengikuti distribusi normal.

4.3.2 Estimasi Parameter Distribusi Normal

Pada bagian ini dilakukan estimasi parameter distribusi normal untuk data rata-rata interval waktu kedatangan dan rata-rata durasi waktu pelayanan nasabah dengan menggunakan *Maximum Likelihood Estimation*. Berdasarkan persamaan (2.1) fungsi likelihood distribusi normal untuk $\mu \neq 0$ adalah sebagai berikut:

$$L(x_1, \dots, x_n; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x_1-\mu)^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x_2-\mu)^2} \dots \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x_n-\mu)^2} \quad (4.1)$$

$$L(\mu, \sigma^2) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x_i-\mu)^2} \quad (4.2)$$

$$= (2\pi\sigma^2)^{-\frac{1}{2}n} e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i-\mu)^2}. \quad (4.3)$$

Fungsi log *likelihood* persamaan (4.1) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln L(x_1, \dots, x_n, \mu, \sigma^2) &= \ln \left[(2\pi\sigma^2)^{-\frac{1}{2}n} e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i-\mu)^2} \right] \\ \ln L(\mu, \sigma^2) &= -\frac{1}{2}n \ln(2\pi\sigma^2) + \ln e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i-\mu)^2} \\ &= -\frac{n}{2}(\ln 2\pi + \ln \sigma^2) + \ln e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i-\mu)^2} \\ &= -\frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \sigma^2 + \ln e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i-\mu)^2} \\ &= -\frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \ln e \\ &= -\frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2. \quad (4.4) \end{aligned}$$

Tahap selanjutnya yaitu mendapatkan turunan pertama dari fungsi log *likelihood* terhadap parameter-parameter yaitu μ dan σ^2 . Turunan pertama fungsi log *likelihood* terhadap parameter bentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\mu, \sigma^2)}{\partial \mu} &= \frac{\partial}{\partial \mu} \left[-\frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right] \\
&= -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n 2(x_i - \mu)(-1) \\
&= -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n -2(x_i - \mu) \\
&= \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu).
\end{aligned} \tag{4.5}$$

Sedangkan turunan pertama fungsi log *likelihood* terhadap parameter skala adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\mu, \sigma^2)}{\partial \sigma^2} &= \frac{\partial}{\partial \sigma^2} \left[-\frac{n}{2} \ln 2\pi + 2 \ln \sigma - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right] \\
&= -\frac{n}{2} \frac{1}{\sigma^2} + \frac{1}{2(\sigma^2)^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2.
\end{aligned} \tag{4.6}$$

Bentuk umum estimasi parameter didapatkan dengan membuat persamaan (4.3) dan (4.4) sama dengan nol sehingga didapatkan persamaan yang *closed form*. Estimasi parameter bentuk terdapat pada persamaan (4.5) seperti berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\mu, \sigma^2)}{\partial \mu} &= 0 \\
\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu) &= 0 \\
\sum_{i=1}^n (x_i - \mu) &= 0 \\
\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\
\mu &= \bar{x}.
\end{aligned} \tag{4.7}$$

Sedangkan estimasi parameter skala terdapat pada persamaan (4.6) seperti berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\mu, \sigma^2)}{\partial \sigma^2} &= 0 \\
-\frac{n\pi}{2\pi\sigma^2} + \frac{1}{2(\sigma^2)^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 &= 0 \\
\frac{1}{2(\sigma^2)^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 &= \frac{n}{2\sigma^2} \\
\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 &= \frac{n}{2} \\
\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 &= \frac{2\sigma^2 n}{2} \\
\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 &= \sigma^2 n \\
\sigma^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n} \\
\sigma^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \quad (4.8)
\end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (4.5) dan (4.6) didapatkan nilai estimasi parameter. Nilai estimasi dari masing-masing data ditunjukkan pada tabel 4.1. Data rata-rata interval waktu kedatangan memiliki nilai parameter μ sebesar 181,8190586 dan nilai parameter σ^2 sebesar 3153,748183. Sedangkan nilai estimasi parameter data rata-rata waktu pelayanan memiliki nilai parameter μ sebesar 220,7124492 dan nilai parameter σ^2 sebesar 1495,120278.

Tabel 4.1: Estimasi Parameter Distribusi Normal

Jenis Data	Parameter Bentuk (μ)	Parameter Skala (σ^2)
Rata-Rata Interval Waktu Kedatangan Nasabah	181,8190586	3153,748183
Rata-Rata Waktu Pelayanan	220,7124492	1495,120278

4.3.3 Estimasi Parameter Distribusi Exponensial

Pada bagian ini dilakukan estimasi parameter distribusi exponensial untuk data waktu pelayanan nasabah, tanggal 1 Maret 2016 dengan menggunakan *Maximum Likelihood Estimation*. Berdasarkan persamaan 2.3 fungsi likelihood

distribusi eksponensial untuk $\lambda \neq 0$ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L(x_1, \dots, x_n; \lambda) &= f(x_1; \lambda)f(x_2; \lambda)\dots f(x_n; \lambda) \\
 L(x_1, \dots, x_n; \lambda) &= \frac{1}{\lambda}e^{-\frac{x_1}{\lambda}} \cdot \frac{1}{\lambda}e^{-\frac{x_2}{\lambda}} \dots \frac{1}{\lambda}e^{-\frac{x_n}{\lambda}} \\
 L(\lambda) &= \left(\frac{1}{\lambda}\right)^n \left(\prod_{i=1}^n e^{-\frac{x_i}{\lambda}}\right) \\
 &= \left(\frac{1}{\lambda}\right)^n e^{-\frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i}.
 \end{aligned} \tag{4.9}$$

Fungsi log likelihood persamaan (4.7) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \ln(L(\lambda)) &= \ln \left[\left(\frac{1}{\lambda}\right)^n e^{-\frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i} \right] \\
 &= \ln \left(\frac{1}{\lambda}\right)^n + \ln e^{-\frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i} \\
 &= n \ln \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i \ln e \\
 &= n \ln \lambda^{-1} - \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i \\
 &= -n \ln \lambda - \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i.
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

Tahap selanjutnya yaitu mendapatkan turunan pertama dari fungsi log *likelihood* persamaan (4.8) terhadap parameter λ . Turunan pertama fungsi log *likelihood* terhadap parameter λ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial(\ln L(\lambda))}{\lambda} &= \frac{\partial}{\partial \lambda} \left[-n \ln \lambda - \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i \right] \\
 &= -n \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^n x_i \\
 &= -\frac{n}{\lambda} + \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^n x_i.
 \end{aligned} \tag{4.11}$$

Bentuk umum estimasi parameter didapatkan dengan membuat persamaan (4.9) sama dengan nol, sehingga didapatkan persamaan yang *closed form*. Estimasi

parameter λ terdapat pada persamaan (4.10) seperti berikut:

$$\begin{aligned}
-\frac{n}{\lambda} + \frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^n x_i &= 0 \\
\frac{1}{\lambda^2} \sum_{i=1}^n x_i &= \frac{n}{\lambda} \\
\sum_{i=1}^n x_i &= n\lambda \\
\lambda &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \\
&= \bar{x}.
\end{aligned} \tag{4.12}$$

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan (4.10) didapatkan nilai estimasi parameter λ dari masing-masing data yang ditunjukkan oleh tabel 4.2. Nilai estimasi parameter λ untuk data waktu pelayanan pada tanggal 1 maret 2016 yaitu sebesar 240,010417.

4.3.4 Estimasi Parameter Distribusi Weibull

Pada bagian ini dilakukan estimasi parameter distribusi weibull untuk data interval waktu kedatangan nasabah dan waktu pelayanan teller tanggal 22 Maret 2016 dan 21 April 2016, data interval waktu kedatangan nasabah tanggal 1 Maret 2016 dengan menggunakan *Maximum Likelihood Estimation*. Berdasarkan persamaan (2.4) fungsi likelihood distribusi weibull untuk $\theta \neq 0$ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
L(x_1, \dots, x_n; \theta, \beta) &= f(x_1; \theta, \beta) f(x_2; \theta, \beta) \dots f(x_n; \theta, \beta) \\
L(x_1, \dots, x_n; \theta, \beta) &= \left(\frac{\beta}{\theta}\right) \left(\frac{x_1}{\theta}\right)^{(\beta-1)} e^{-(\frac{x_1}{\theta})^\beta} \cdot \left(\frac{\beta}{\theta}\right) \left(\frac{x_2}{\theta}\right)^{(\beta-1)} e^{-(\frac{x_2}{\theta})^\beta} \dots \\
&\quad \left(\frac{\beta}{\theta}\right) \left(\frac{x_n}{\theta}\right)^{(\beta-1)} e^{-(\frac{x_n}{\theta})^\beta} \\
L(\theta, \beta) &= \left(\frac{\beta}{\theta}\right)^n \prod_{i=1}^n \left[\left(\frac{x_i}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-(\frac{x_i}{\theta})^\beta} \right] \\
&= \left(\frac{\beta}{\theta}\right)^n \prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\sum_{i=1}^n (\frac{x_i}{\theta})^\beta} \\
&= \left(\frac{\beta}{\theta}\right)^n e^{-\sum_{i=1}^n (\frac{x_i}{\theta})^\beta} \prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta}\right)^{\beta-1}.
\end{aligned} \tag{4.13}$$

Fungsi log likelihood persamaan (4.11) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\ln(L(\theta, \beta)) &= \ln \left[\left(\frac{\beta}{\theta} \right)^n e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta} \prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^{\beta-1} \right] \\
&= \ln \left(\frac{\beta}{\theta} \right)^n + \ln e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta} + \ln \prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^{\beta-1} \\
&= n \ln \left(\frac{\beta}{\theta} \right) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta \ln e + \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^{\beta-1} \\
&= n \ln \beta - n \ln \theta - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{x_i}{\theta} \right) \\
&= n \ln \beta - n \ln \theta - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta + \\
&\quad (\beta - 1) \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \ln \theta). \tag{4.14}
\end{aligned}$$

Langkah selanjutnya yaitu mendapatkan turunan pertama dari fungsi log *likelihood* pada persamaan (4.12), terhadap parameter bentuk θ dan parameter skala β . Turunan pertama fungsi log *likelihood* terhadap parameter bentuk θ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial(\ln L(\theta, \beta))}{\theta} &= \frac{\partial}{\partial \theta} \left[n \ln \beta - n \ln \theta - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta + \right. \\
&\quad \left. (\beta - 1) \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \ln \theta) \right] \\
&= -n \frac{1}{\theta} + \frac{\beta}{\theta} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta - (\beta - 1) n \frac{1}{\theta} \\
&= -\frac{n}{\theta} + \frac{\beta}{\theta} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta - \frac{n\beta}{\theta} + \frac{n}{\theta} \\
&= -\frac{n\beta}{\theta} + \frac{\beta}{\theta} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta. \tag{4.15}
\end{aligned}$$

Sedangkan turunan pertama fungsi log *likelihood* terhadap parameter skala β adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial(\ln L(\theta, \beta))}{\beta} &= \frac{\partial}{\partial \theta} \left[n \ln \beta - n \ln \theta - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta + \right. \\
&\quad \left. (\beta - 1) \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \ln \theta) \right] \\
&= n \frac{1}{\beta} - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta \ln \left(\frac{x_i}{\theta} \right) + \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \ln \theta) \\
&= \frac{n}{\beta} - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta \ln \left(\frac{x_i}{\theta} \right) + \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \ln \theta). \quad (4.16)
\end{aligned}$$

Bentuk umum estimasi parameter didapatkan dengan membuat persamaan (4.13) dan (4.14) sama dengan nol sehingga didapatkan persamaan yang *closed form*. Estimasi parameter bentuk terdapat pada persamaan (4.15) seperti berikut:

$$\begin{aligned}
-\frac{n\beta}{\theta} + \frac{\beta}{\theta} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta &= 0 \\
\frac{\beta}{\theta} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta &= \frac{n\beta}{\theta} \\
\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta} \right)^\beta &= n \\
\sum_{i=1}^n \frac{x_i^\beta}{\theta^\beta} &= n \\
\frac{1}{\theta^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta &= n \\
\sum_{i=1}^n x_i^\beta &= n\theta^\beta \\
\frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta}{n} &= \theta^\beta \\
\sqrt[\beta]{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta}{n}} &= \theta. \quad (4.17)
\end{aligned}$$

Sedangkan estimasi parameter skala terdapat pada persamaan (4.16) seperti berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{n}{\beta} - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta}\right)^\beta \ln \left(\frac{x_i}{\theta}\right) + \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \ln \theta) &= 0 \\
\frac{n}{\beta} - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\theta}\right)^\beta \ln \left(\frac{x_i}{\theta}\right) + \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{x_i}{\theta}\right) &= 0 \\
\frac{n}{\beta} - \frac{1}{\theta^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta (\ln x_i - \ln \theta) + \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \ln \theta) &= 0 \\
\frac{n}{\beta} - \frac{1}{\theta^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i + \frac{1}{\theta^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln \theta + \sum_{i=1}^n \ln x_i - \sum_{i=1}^n \ln \theta &= 0 \\
\frac{n}{\beta} - \frac{1}{\theta^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i + \frac{\ln \theta}{\theta^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta + \sum_{i=1}^n \ln x_i - n \ln \theta &= 0 \\
\frac{n}{\beta} - \frac{1}{\theta^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i + \ln \theta \left(\frac{1}{\theta^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta - n \right) + \sum_{i=1}^n \ln x_i &= 0. \quad (4.18)
\end{aligned}$$

Selanjutnya persamaan (4.15) disubstitusikan pada persamaan (4.16) sehingga diperoleh persamaan (4.17) berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{n}{\beta} - \frac{1}{\left(\sqrt[\beta]{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta}{n}}\right)^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i \\
+ \ln \left(\sqrt[\beta]{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta}{n}}\right) \left(\frac{1}{\left(\sqrt[\beta]{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta}{n}}\right)^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta - n \right) + \sum_{i=1}^n \ln x_i &= 0 \\
\frac{n}{\beta} - \frac{n}{\sum_{i=1}^n x_i^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i + \frac{1}{\beta} \ln \frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta}{n} \left(\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^\beta}{\sum_{i=1}^n x_i^\beta} - n \right) + \sum_{i=1}^n \ln x_i &= 0 \\
\frac{n}{\beta} - \frac{n}{\sum_{i=1}^n x_i^\beta} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i + \sum_{i=1}^n \ln x_i &= 0 \\
-\frac{1}{\beta} + \frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^\beta} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n} &= 0. \quad (4.19)
\end{aligned}$$

Estimasi parameter bentuk pada persamaan (4.17) belum menunjukkan persamaan yang *closed form* karena dalam persamaan umum estimasi masih mengandung parameter. Untuk menyelesaikan permasalahan ini, digunakan penyelesaian numerik dengan metode Newton-Raphson. Metode Newton-Raphson merupakan metode untuk menentukan solusi akar dari persamaan non linier.

Berdasarkan hasil perhitungan numerik menggunakan program matlab diperoleh nilai estimasi parameter dari masing-masing data yang ditunjukkan oleh tabel 4.2 dan tabel 4.3. Nilai estimasi parameter distribusi Weibull data interval waktu kedatangan ditunjukkan oleh tabel 4.2. Nilai estimasi parameter data interval waktu kedatangan tanggal 1 Maret 2016 memiliki nilai θ sebesar 103,3755 dan nilai β sebesar 0,93039101. Nilai estimasi parameter data interval waktu kedatangan pada tanggal 22 Maret 2016 memiliki nilai θ sebesar 283,38523 dan nilai β sebesar 0,93715, sedangkan untuk nilai estimasi parameter data interval waktu kedatangan tanggal 21 April 2016 memiliki nilai θ sebesar 207,70891 dan nilai β sebesar 0,85054.

Tabel 4.2: Estimasi Parameter Distribusi Weibull Interval Waktu Kedatangan

Hari Ke- / Tanggal Pengamatan	θ	β
Selasa/ 1 Maret 2016	103,3755	0,93039101
Selasa/22 Maret 2016	283,38523	0,93715
Kamis/21 April 2016	207,70891	0,85054

Pada tabel 4.3 menunjukkan data nilai hasil estimasi parameter untuk data waktu pelayanan. Nilai parameter data waktu pelayanan tanggal 22 Maret 2016 memiliki nilai θ sebesar 297,87110 dan nilai β sebesar 1,53332, sedangkan nilai estimasi parameter data waktu pelayanan tanggal 21 April 2016 memiliki nilai θ sebesar 197,87194 dan nilai β sebesar 0,82836.

Tabel 4.3: Estimasi Parameter Distribusi Weibull Waktu Pelayanan

Hari Ke- / Tanggal Pengamatan	θ	β
Selasa/22 Maret 2016	297,87110	1,53332
Kamis/21 April 2016	197,87194	0,82836

4.3.5 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji *Kolmogorov-Smirnov* digunakan sebagai pengujian distribusi data. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah data interval waktu kedatangan dan data waktu pelayanan tanggal 22 Maret dan 21 April 2016 mengikuti distribusi Weibull. Data interval waktu kedatangan tanggal 1 Maret 2016 mengikuti distribusi Weibull sedangkan data waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial. Pengujian kesesuaian distribusi data adalah sebagai berikut:

1. Uji Kesesuaian Distribusi Eksponensial

Data Waktu Pelayanan

Hipotesis:

H_0 : data mengikuti distribusi eksponensial

H_1 : data tidak mengikuti distribusi eksponensial

Statistik Uji

$$D_{hitung} = \sup |F(x) - S(x)|$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai estimasi parameter λ untuk data interval waktu kedatangan tanggal 1 Maret 2016 diperoleh D_{hitung} sebesar 0.120979 dan nilai D_{tabel} untuk n (jumlah sampel) sebanyak 96 dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ yaitu 0.140818. Dikarenakan $D_{hitung} < D_{tabel}$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 gagal ditolak yang berarti data interval waktu kedatangan mengikuti distribusi eksponensial.

2. Uji Kesesuaian Distribusi Weibull

- Data Interval Waktu Kedatangan Tanggal 1 Maret 2016

Hipotesis:

H_0 : data mengikuti distribusi weibull

H_1 : data tidak mengikuti distribusi weibull

Statistik Uji

$$D_{hitung} = \sup |F(x) - S(x)|$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai estimasi parameter θ dan β diperoleh D_{hitung} sebesar 0.103605 dan nilai D_{tabel} untuk n (jumlah sampel) sebanyak 96 dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ yaitu 0.1386. Dikarenakan $D_{hitung} < D_{tabel}$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 gagal ditolak yang berarti data interval waktu kedatangan tanggal 1 Maret 2016 mengikuti distribusi Weibull.

- Data Interval Waktu Kedatangan Tanggal 22 Maret 2016

Hipotesis:

H_0 : data mengikuti distribusi weibull

H_1 : data tidak mengikuti distribusi weibull

Statistik Uji

$$D_{hitung} = \sup |F(x) - S(x)|$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai estimasi parameter θ dan β diperoleh D_{hitung} sebesar 0.116829 dan nilai D_{tabel} untuk n (jumlah sampel) sebanyak 36 dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ yaitu 0.226333.

Dikarenakan $D_{hitung} < D_{tabel}$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 gagal ditolak yang berarti data interval waktu kedatangan tanggal 22 Maret 2016 mengikuti distribusi Weibull.

- Data Waktu Pelayanan Tanggal 22 Maret 2016

Hipotesis:

H_0 : data mengikuti distribusi Weibull

H_1 : data tidak mengikuti distribusi Weibull

Statistik Uji

$$D_{hitung} = \text{Sup}|F(x) - S(x)|$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai estimasi parameter θ dan β diperoleh D_{hitung} sebesar 0.180038 dan nilai D_{tabel} untuk n (jumlah sampel) sebanyak 36 dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ yaitu 0.226333. Dikarenakan $D_{hitung} < D_{tabel}$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 gagal ditolak yang berarti data waktu pelayanan tanggal 22 Maret 2016 mengikuti distribusi Weibull.

- Data Interval Waktu Kedatangan Tanggal 21 April 2016

Hipotesis:

H_0 : data mengikuti distribusi Weibull

H_1 : data tidak mengikuti distribusi Weibull

Statistik Uji

$$D_{hitung} = \text{Sup}|F(x) - S(x)|$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai estimasi parameter θ dan β diperoleh D_{hitung} sebesar 0.109089 dan nilai D_{tabel} untuk n (jumlah sampel) sebanyak 44 dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ yaitu 0.204726. Dikarenakan $D_{hitung} < D_{tabel}$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 gagal ditolak yang berarti data interval waktu kedatangan tanggal 21 April 2016 mengikuti distribusi Weibull.

- Data Waktu Pelayanan Tanggal 21 April 2016

Hipotesis:

H_0 : data mengikuti distribusi Weibull

H_1 : data tidak mengikuti distribusi Weibull

Statistik Uji

$$D_{hitung} = \text{Sup}|F(x) - S(x)|$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai estimasi parameter θ dan β diperoleh D_{hitung} sebesar 0.203664 dan nilai D_{tabel} untuk n (jumlah sampel) sebanyak 44 dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ yaitu 0.204726.

Dikarenakan $D_{hitung} < D_{tabel}$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 gagal ditolak yang berarti data waktu pelayanan tanggal 21 April 2016 mengikuti distribusi Weibull.

4.4 Validasi Model

Validasi merupakan penentuan apakah model konseptual simulasi adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan (Law dan Kelton, 1991). Oleh karena itu pada tahap ini perlu dilakukan validasi model. Validasi dilakukan dengan membandingkan data bangkitan hasil simulasi dengan data hasil pengamatan. Data hasil pengamatan yang digunakan adalah data rata-rata interval waktu kedatangan dan rata-rata waktu pelayanan. Salah satu indikator statistik yang dapat digunakan untuk membandingkan data bangkitan hasil simulasi dengan data hasil pengamatan yaitu Uji T sampel berpasangan.

Uji T berpasangan dilakukan untuk mengetahui validasi model *coloured Petri nets* alur proses pelayanan *teller*. Uji T dilakukan dengan menggunakan program SPSS.

1. Uji T sampel berpasangan untuk data rata-rata interval waktu kedatangan.

T-Test

[DataSet0]

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Data Interval Hasil Simulasi	1.6451E2	5	6.56100688E1	2.93417146E1
Data Interval Hasil Pengamatan	2.2056E2	5	6.51306206E1	2.91272880E1

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Data Interval Hasil Simulasi & Data Interval Hasil Pengamatan	5	.686	.191

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Data Interval Hasil Simulasi - Data Interval Hasil Pengamatan	-5.605E1	5.09394294E1	2.27808053E1	-1.1930284E2	7.19646788E0	-2.461	4	.070

Gambar 4.11: Output Uji T berpasangan menggunakan SPSS

Berikut hasil interpretasi dari output Uji T:

- *Paired Samples Statistics*

Jumlah data hasil simulasi dan hasil pengamatan sebanyak lima. Rata-rata interval waktu kedatangan dari data hasil simulasi sebesar 164,51 sedangkan rata-rata waktu pelayanan dari data hasil pengamatan sebesar 110,56. Standard error rata-rata data hasil simulasi 29,3417146 sedangkan standard error rata-rata data hasil pengamatan sebesar 29.127299

- *Paired Samples Correlations*

Nilai korelasi antara data hasil simulasi dan data hasil pengamatan adalah 0.696, dengan tingkat signifikan 0.191. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat korelasi antara data interval waktu kedatangan hasil simulasi dengan data interval waktu kedatangan hasil pengamatan sebesar 0.696.

- *Paired Samples Test*

Hipotesis :

H_0 : tidak terdapat perbedaan antara data interval waktu kedatangan hasil simulasi dengan data hasil pengamatan.

H_1 : terdapat perbedaan antara data interval waktu kedatangan hasil simulasi dengan hasil pengamatan

Berdasarkan perbandingan nilai probabilitas (sig.) jika probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima, jika probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak. Terlihat bahwa t_{hitung} adalah -2.461 dengan nilai probabilitas 0,70. Oleh karena probabilitas $0,70 > 0,05$ maka H_0 diterima, yang berarti tidak terdapat perbedaan antara data interval waktu kedatangan nasabah hasil simulasi dengan data interval waktu kedatangan hasil pengamatan.

2. Uji T sampel berpasangan untuk data rata-rata waktu pelayanan

- *Paired Samples Statistics* Jumlah data hasil simulasi dan hasil pengamatan sebanyak lima. Rata-rata dari data hasil simulasi sebesar 21,888 sedangkan rata-rata dari data hasil pengamatan sebesar 20,417. Standard error rata-rata data hasil simulasi 34,21889 sedangkan standard error rata-rata data hasil pengamatan sebesar 27.854978

T-Test

[DataSet1]

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Data_Interval_Hasil_Simulasi	2.1888E2	5	3.42188918E1	1.53031538E1
Data_Interval_Hasil_Pengamatan	2.0417E2	5	2.78549783E1	1.24571250E1

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Data_Interval_Hasil_Simulasi & Data_Interval_Hasil_Pengamatan	5	-.922	.026

Paired Samples Test

		Paired Differences:					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Data_Interval_Hasil_Simulasi - Data_Interval_Hasil_Pengamatan	1.4712E1	6.08589677E1	2.72169577E1	-6.0853402E1	9.02793764E1	.541	4	.617

Gambar 4.12: Output Uji T berpasangan menggunakan SPSS

- *Paired Samples Correlations* Nilai korelasi antara data waktu pelayanan hasil simulasi dengan data waktu pelayanan hasil pengamatan adalah -0,922, dengan tingkat signifikan 0.026. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat korelasi antara data waktu pelayanan hasil simulasi dengan data waktu pelayanan hasil pengamatan sebesar -0,922.

- *Paired Samples Test*

Hipotesis :

H_0 : tidak terdapat perbedaan antara data waktu pelayanan hasil simulasi dengan hasil pengamatan

H_1 : terdapat perbedaan antara data waktu pelayanan hasil simulasi dengan hasil pengamatan

Berdasarkan perbandingan nilai probabilitas (sig.) Jika probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima, jika probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak. Terlihat bahwa t_{hitung} adalah 0,541 dengan nilai probabilitas 0,617. Oleh karena probabilitas $0,617 > 0,05$ maka H_0 diterima, yang berarti tidak terdapat perbedaan antara data waktu pelayanan hasil simulasi dengan data waktu pelayanan hasil pengamatan.

Dari kedua hasil uji t tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara data hasil simulasi dengan data hasil pengamatan. Sehingga dapat dinyatakan bahwa model *timed coloured Petri nets* alur pelayanan *teller* sudah valid.

4.5 Hasil Simulasi Model

Setelah dilakukan uji validasi pada model, dilakukan simulasi dengan menggunakan CPN Tools. Pada simulasi model ini inputan berupa fungsi dari distribusi data. Adapun fungsi distribusi data yang digunakan sebagai inputan yaitu:

1. Fungsi distribusi normal dari data interval waktu rata-rata dan data waktu pelayanan rata-rata. Data waktu rata-rata tersebut diperoleh dari hasil pengamatan selama 25 hari, yang mana untuk masing-masing hari diambil waktu rata-rata untuk interval waktu kedatangan dan waktu pelayanan
2. Fungsi distribusi Weibull data interval waktu kedatangan dan waktu pelayanan 22 Maret 2016 dan 21 April 2016 dan diperoleh fungsi distribusi Weibull data interval waktu kedatangan tanggal 1 Maret 2016.
3. Fungsi distribusi eksponensial data waktu pelayanan. Data tersebut diperoleh dari hasil pengamatan pada tanggal 1 Maret 2016.

Pada simulasi ini bertujuan untuk mengetahui jumlah nasabah yang dilayani dan rata-rata waktu pelayanan ketika jumlah *teller* yang melayani sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 *teller*. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada lampiran D, didapatkan perbedaan jumlah nasabah yang dilayani dan rata-rata waktu pelayanan. Adapun hasil rekapitan dari data hasil simulasi yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.4: Tabel Hasil Simulasi

Simulasi Pada		1 Teller	2 Teller	3 Teller	4 Teller	5 Teller
25 Hari	N	49	59	59	60	60
	WP.	213,352	222,178	222,188	222,066	222,066
1 Maret 2016	N	50	90	100	100	100
	WP.	220,065	242,964	257,442	255,501	256,090
22 Maret 2016	N	28	36	36	36	36
	WP.	262,414	380,243	376,164	376,164	376,164
21 April 2016	N	41	45	45	45	45
	WP.	243,837	247,316	247,316	247,316	247,316

Keterangan :

N : Banyaknya nasabah yang dilayani

WP : Rata-rata waktu pelayanan nasabah

Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan hasil simulasi sebagai berikut:

1. Hasil Simulasi pada Data 25 Hari Pengamatan

Pada hasil simulasi menunjukkan bahwa jumlah nasabah yang dilayani sebanyak 49 orang dan rata-rata waktu pelayanan selama 213 detik, dimana *teller* yang melayani yaitu 1 orang. Berikutnya ketika *teller* yang melayani sebanyak 2 orang, nasabah yang dilayani meningkat menjadi 59 orang dengan rata-rata waktu pelayanan 222 detik. Pada saat jumlah *teller* yang melayani sebanyak 3 orang juga mempunyai rata-rata waktu pelayanan 222 detik dan jumlah nasabah yang dilayani sebanyak 59 orang. Selanjutnya ketika *teller* yang melayani sebanyak 4 dan 5 orang dapat melayani nasabah sebanyak 60 orang dan rata-rata waktu pelayanan sebesar 226 detik.

2. Hasil Simulasi pada Data Hasil Pengamatan Tanggal 1 Maret 2016

Pada hasil simulasi menunjukkan nasabah yang dilayani yaitu 50 orang dan rata-rata waktu pelayanan sebesar 220 detik dengan *teller* yang melayani sebanyak 1 orang. Pada saat *teller* yang melayani sebanyak 2 orang, nasabah yang dilayani yaitu 90 orang dengan rata-rata waktu pelayanan 243 detik. Pada saat *teller* yang melayani sebanyak 3 orang, nasabah yang dilayani yaitu 100 orang dengan rata-rata waktu pelayanan 257 detik. Pada saat *teller* yang melayani sebanyak 4 dan 5 orang, nasabah yang dilayani yaitu 90 orang dengan rata-rata waktu pelayanan 256 detik.

3. Hasil Simulasi pada Data Hasil Pengamatan Tanggal 22 Maret 2016

Pada hasil simulasi menunjukkan nasabah yang dilayani yaitu 28 orang dan rata-rata waktu pelayanan sebesar 362 detik dengan *teller* yang melayani sebanyak 1 orang. Namun, ketika jumlah *teller* yang melayani sebanyak 2 orang terdapat peningkatan jumlah nasabah yang dilayani yaitu sebanyak 36 orang, dengan rata-rata waktu pelayanan sebesar 380 detik. Sedangkan pada saat jumlah *teller* yang melayani sebanyak 3, 4, dan 5 orang mempunyai rata-rata waktu pelayanan sebesar 376 detik, dengan jumlah nasabah yang dilayani sebanyak 36 orang.

4. Hasil Simulasi pada Data Hasil Pengamatan Tanggal 21 April 2016

Hasil simulasi menunjukkan nasabah yang dilayani sebanyak 41 orang dan rata-rata waktu pelayanan 245 dengan *teller* yang melayani sebanyak 1 orang. Sedangkan pada saat *teller* yang melayani sebanyak 2, 3, 4, dan 5

orang mempunyai rata-rata waktu pelayanan sebesar 247 detik dan jumlah nasabah yang dilayani sebanyak 45 orang.

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, kriteria yang digunakan untuk menentukan jumlah *teller* yang optimal adalah jumlah minimal *teller* yang melayani nasabah pada rentang waktu pukul 08:00 - 11:00 WIB. Sedemikian sehingga, banyaknya nasabah yang dilayani berdasarkan hasil simulasi mendekati rata-rata jumlah nasabah yang dilayani berdasarkan hasil pengamatan.

LAMPIRAN A

**DATA RATA-RATA INTERVAL WAKTU KEDATANGAN
DAN WAKTU PELAYANAN NASABAH
(NOVEMBER 2015 – APRIL 2016)**

Hari Ke-	Tanggal/Hari	Jumlah Nasabah	Interval Waktu Kedatangan	Waktu Pelayanan
1	Kamis/ 26 November 2016	30	282,6666667	258,7575758
2	Rabu/ 1 Desember 2015	75	132,9375	215,1125
3	Jum'at/ 11 Desember 2015	69	143,971831	202,661972
4	Senin/ 14 Desember 2015	62	160,1076923	278,476923
5	Rabu/ 16 Desember 2015	40	233,7142857	212,547619
6	Kamis/ 17 Desember 2015	40	282,6666667	258,7575758
7	Jum'at/ 18 Desember 2015	55	180,877193	218,877193
8	Senin/ 21 Desember 2015	55	180,5517241	228,603448
9	Selasa/ 1 Maret 2016	96	106,9479167	240,010417
10	Jum'at/ 4 Maret 2016	140	68,93793103	181,248276
11	Senin/ 7 Maret 2016	72	126,12	254,586667
12	Selasa/ 15 Maret 2016	68	147,4714286	184,442857
13	Kamis/ 17 Maret 2016	41	242,5116279	196,465116
14	Jum'at/ 18 Maret 2016	43	214,826083	244,195652
15	Selasa/ 22 Maret 2016	36	292,3611111	265,444444
16	Senin/ 28 Maret 2016	50	188,5357143	161,428571
17	Rabu/ 30 Maret 2016	45	207,6530612	161,081633
18	Jum'at/ 1 April 2016	72	147,0675676	170,716216
19	Senin/ 4 April 2016	95	103,6237624	325,415842
20	Selasa/ 5 April 2016	70	143,0277778	210,263889
21	Jum'at/ 8 April 2016	65	144,8857143	193,1
22	Selasa/ 12 April 2016	55	173,4210526	222,719298

LAMPIRAN A (Lanjutan)

Hari Ke-	Tanggal/Hari	Jumlah Nasabah	Interval Waktu Kedatangan	Waktu Pelayanan
23	Rabu/ 13 April 2016	46	208,5	178,104167
24	Senin/ 18 April 2016	50	200,2884615	220,365385
25	Kamis/ 21 April 2016	44	225,8409091	217,431818
26	Senin/ 25 April 2016	67	152,4057971	180,826087
27	Selasa/ 26 April 2016	44	235,9772727	181,159091
28	Rabu/ 27 April 2016	44	213,0888889	216,7555556
29	Kamis/ 28 April 2016	32	321,96875	245,8125
30	Jum'at/ 29 April 2016	52	176,9423077	192,557692

LAMPIRAN B

DATA INTERVAL WAKTU KEDATANGAN DAN WAKTU PELAYANAN NASABAH PADA TANGGAL 1 MARET 2016

Nasabah Ke-	No Antrian	No. Teller	Waktu Kedatangan	Waktu Mulai Pelayanan	Waktu Selesai Pelayanan
1	A001	5	8:04:50	8:05:04	8:12:33
2	A002	4	8:05:10	8:06:45	8:10:55
3	A003	5	8:06:00	8:13:13	8:17:43
4	A004	-	8:08:16	0:00:00	0:00:00
5	A005	-	8:08:32	0:00:00	0:00:00
6	A006	5	8:16:57	8:23:35	8:24:45
7	A007	4	8:18:15	8:23:41	8:24:32
8	A008	2	8:22:43	8:24:02	8:24:45
9	A009	4	8:25:35	8:25:52	8:27:07
10	A010	4	8:27:13	8:27:23	8:31:42
11	A011	5	8:27:33	8:27:39	8:30:45
12	A012	3	8:28:37	8:29:38	8:32:58
13	A013	5	8:29:59	8:31:15	8:35:58
14	A014	3	8:31:23	8:33:08	8:35:44
15	A015	4	8:37:04	0:00:00	0:00:00
16	A016	4	8:39:59	8:40:33	8:41:56
17	A017	3	8:40:27	8:40:45	8:41:30
18	A018	5	8:45:28	8:46:28	8:47:59
19	A019	4	8:48:32	8:54:27	9:10:53
20	A020	5	8:51:30	8:55:08	9:01:02
21	A021	3	8:53:02	8:58:43	9:01:45
22	A022	3	8:53:16	9:02:08	9:26:32
23	A023	2	8:56:56	9:06:23	9:06:30
24	A024	5	8:59:49	9:06:30	9:08:26
25	A025	2	8:59:58	9:06:45	9:07:56
26	A026	2	9:01:37	9:08:05	9:12:55
27	A027	5	9:08:32	9:10:42	9:14:43
28	A028	5	9:09:42	9:14:55	9:20:15
29	A029	2	9:10:15	9:15:55	9:17:52
30	A030	4	9:13:48	9:17:12	9:18:17

Nasabah Ke-	No Antrian	No. Teller	Waktu Kedatangan	Waktu Mulai Pelayanan	Waktu Selesai Pelayanan
31	A031	2	9:16:32	9:18:17	9:20:05
32	A032	4	9:16:39	9:18:44	9:24:30
33	A033	2	9:20:04	9:20:19	9:22:22
34	A034	5	9:21:00	9:21:27	9:24:48
35	A035	2	9:21:33	9:21:50	9:29:56
36	A036	5	9:21:47	9:25:00	9:26:57
37	A037	4	9:21:59	9:25:15	9:27:00
38	A038	-	9:22:07	0:00:00	0:00:00
39	A039	4	9:29:13	9:29:32	9:31:10
40	A040	2	9:29:56	9:31:23	9:41:50
41	A041	3	9:32:28	9:32:46	9:42:28
42	A042	4	9:36:07	9:38:33	9:40:59
43	A043	5	9:36:35	9:39:45	9:42:22
44	A044	5	9:39:11	9:42:42	9:44:01
45	A045	2	9:40:01	9:43:28	9:50:05
46	A046	2	9:42:53	9:50:15	9:54:11
47	A047	4	9:44:52	9:45:41	9:48:42
48	A048	5	9:45:01	9:46:42	9:48:13
49	A049	5	9:48:18	9:48:39	9:50:15
50	A050	4	9:52:09	9:52:27	10:54:31
51	A051	5	9:53:10	9:54:15	9:56:45
52	A052	4	9:53:15	9:54:17	9:55:50
53	A053	3	9:54:20	9:56:08	9:58:19
54	A054	4	9:57:34	9:57:52	9:59:15
55	A055	3	9:59:20	10:01:18	10:03:58
56	A056	4	9:59:31	10:01:41	10:06:53
57	A057	5	10:02:40	10:03:30	10:05:30
58	A058	-	10:02:55	0:00:00	0:00:00
59	A059	3	10:03:06	10:03:25	10:10:31
60	A060	5	10:03:34	10:05:40	10:07:50
61	A061	4	10:03:47	10:07:01	10:08:39
62	A062	5	10:04:01	10:07:58	10:11:08
63	A063	4	10:04:26	10:09:50	10:16:05

Nasabah Ke-	No Antrian	No. Teller	Waktu Kedatangan	Waktu Mulai Pelayanan	Waktu Selesai Pelayanan
64	A064	3	10:08:16	10:10:59	10:12:55
65	A065	5	10:09:47	10:12:01	10:13:10
66	A066	5	10:15:08	10:16:12	10:23:13
67	A067	4	10:15:18	10:19:04	10:29:31
68	A068	3	10:15:29	10:20:50	10:22:26
69	A069	3	10:19:14	10:22:30	10:23:50
70	A070	3	10:24:20	10:24:39	10:27:45
71	A071	3	10:24:27	10:28:01	10:30:27
72	A072	5	10:25:10	10:28:20	10:32:05
73	A073	3	10:27:07	10:31:02	10:33:05
74	A074	5	10:27:22	10:32:36	10:35:18
75	A075	3	10:27:37	10:33:19	10:34:55
76	A076	2	10:28:34	10:34:57	10:36:50
77	A077	3	10:29:44	10:35:17	10:37:20
78	A078	-	10:31:06	0:00:00	0:00:00
79	A079	5	10:31:15	10:35:49	10:37:44
80	A080	2	10:32:39	10:37:03	10:38:20
81	A081	3	10:33:26	10:37:27	10:49:32
82	A082	5	10:33:57	10:37:57	10:39:11
83	A083	2	10:36:01	10:38:20	10:40:16
84	A084	-	10:38:00	0	0
85	A085	5	10:40:32	10:43:54	10:48:30
86	A086	4	10:40:50	10:45:25	10:50:10
87	A087	-	10:41:04	0	0
88	A088	3	10:42:21	10:46:14	10:48:20
89	A089	5	10:42:30	10:48:48	10:52:54
90	A090	3	10:42:45	10:49:47	10:58:26
91	A091	4	10:43:08	10:50:51	10:55:27
92	A092	5	10:51:06	10:52:48	10:54:45
93	A093	5	10:52:00	10:55:00	10:57:38
94	A094	4	10:54:06	10:56:02	10:58:00
95	A095	5	10:55:27	10:57:38	11:00:59
96	A095	4	10:55:57	10:58:30	11:00:47

LAMPIRAN C

DATA INTERVAL WAKTU KEDATANGAN DAN WAKTU PELAYANAN NASABAH PADA TANGGAL 22 MARET 2016

Nasabah Ke-	No Antrian	No. Teller	Waktu Kedatangan	Waktu Mulai Pelayanan	Waktu Selesai Pelayanan
1	A001	2	8:03:20	8:08:50	8:10:55
2	A002	1	8:08:31	8:09:48	8:15:00
3	A003	3	8:09:48	8:10:18	8:13:25
4	A004	4	8:13:06	8:15:05	8:26:54
5	A005	2	8:16:03	8:16:50	8:18:10
6	A006	3	8:17:28	8:18:02	8:20:00
7	A007	1	8:39:30	8:39:47	8:41:40
8	A008	4	8:40:52	8:41:15	8:50:33
9	A009	3	8:46:35	8:47:00	8:49:40
10	A010	3	8:57:43	8:58:17	9:02:00
11	A011	3	9:02:00	9:02:40	9:05:13
12	A012	1	9:03:45	9:05:16	9:08:25
13	A013	4	9:05:30	9:06:13	9:08:00
14	A014	3	9:26:33	9:28:10	9:30:50
15	A015	2	9:26:55	9:28:25	9:31:00
16	A016	4	9:29:10	9:29:52	9:32:30
17	A017	2	9:32:35	9:33:05	9:35:30
18	A018	3	9:39:02	9:39:27	9:43:15
19	A019	2	9:40:50	9:41:13	9:43:40
20	A020	3	9:49:52	9:50:57	10:00:05
21	A021	3	9:53:15	9:54:20	10:01:25
22	A022	4	9:53:35	9:55:01	10:06:33
23	A023	2	9:58:30	9:58:50	10:00:55
24	A024	2	10:06:10	10:07:32	10:09:23
25	A025	3	10:08:52	10:09:15	10:20:55
26	A026	2	10:19:10	10:19:47	10:26:15
27	A027	2	10:36:48	10:38:15	10:42:30
28	A028	3	10:39:27	10:42:17	10:43:37
29	A029	2	10:40:18	10:43:17	10:48:05

Nasabah Ke-	No Antrian	No. Teller	Waktu Kedatangan	Waktu Mulai Pelayanan	Waktu Selesai Pelayanan
30	A030	1	10:41:34	10:43:31	10:48:30
31	A031	1	10:42:28	10:48:50	10:59:28
32	A032	3	10:43:20	10:48:20	10:49:55
33	A033	4	10:44:33	10:48:31	10:50:35
34	A034	4	10:46:58	10:56:27	11:00:20
35	A035	3	10:55:23	10:55:50	11:02:12
36	A036	1	10:58:45	10:59:45	11:02:11

LAMPIRAN D**DATA INTERVAL WAKTU KEDATANGAN DAN
WAKTU PELAYANAN NASABAH PADA TANGGAL 21 APRIL 2016**

Nasabah Ke-	No Antrian	No. Teller	Waktu Kedatangan	Waktu Mulai Pelayanan	Waktu Selesai Pelayanan
1	A001	2	8:10:36	8:20:24	8:22:12
2	A002	2	8:12:02	8:22:40	8:29:30
3	A003	4	8:12:45	8:26:32	8:28:49
4	A004	3	8:13:21	8:27:08	8:31:08
5	A005	4	8:15:01	0:00:00	0:00:00
6	A006	4	8:15:50	8:29:05	8:29:46
7	A007	4	8:16:00	8:29:59	8:31:55
8	A008	2	8:28:54	8:30:05	8:31:48
9	A009	3	8:33:40	8:35:01	8:35:58
10	A010	3	8:39:50	8:40:11	8:41:34
11	A011	3	8:40:46	8:42:30	8:58:12
12	A012	2	8:41:50	8:43:20	8:45:20
13	A013	2	8:53:57	9:00:26	9:04:07
14	A014	4	8:55:59	8:56:19	9:00:35
15	A015	3	8:59:57	9:00:26	9:04:07
16	A016	2	9:13:00	9:13:25	9:15:39
17	A017	3	9:18:57	0:00:00	0:00:00
18	A018	2	9:33:33	9:37:03	9:38:08
19	A019	2	9:47:45	0:00:00	0:00:00
20	A020	4	9:49:33	9:51:20	9:53:15
21	A021	2	9:54:18	9:55:22	9:58:50
22	A022	4	10:01:07	10:01:25	10:05:40
23	A023	2	10:01:50	10:02:24	10:17:00
24	A024	3	10:03:03	0:00:00	0:00:00
25	A025	3	10:03:13	10:06:18	10:29:50
26	A026	4	10:04:05	10:06:25	10:08:18
27	A027	4	10:05:52	10:08:32	10:12:12
28	A028	2	10:14:39	10:19:13	10:25:56
29	A029	4	10:15:31	10:19:41	10:24:38

Nasabah Ke-	No Antrian	No. Teller	Waktu Kedatangan	Waktu Mulai Pelayanan	Waktu Selesai Pelayanan
30	A030	1	10:18:29	10:20:25	10:22:00
31	A031	2	10:18:40	10:21:05	10:22:48
32	A032	2	10:20:07	10:22:56	10:25:42
33	A033	4	10:20:51	10:25:16	10:27:36
34	A034	2	10:21:25	10:25:50	10:27:15
35	A035	2	10:25:15	10:27:29	10:39:09
36	A036	4	10:26:36	10:27:47	10:29:43
37	A037	4	10:26:49	0:00:00	0:00:00
38	A038	4	10:32:40	10:35:47	10:38:03
39	A039	3	10:38:05	10:38:22	10:43:30
40	A040	2	10:46:08	10:46:37	10:48:05
41	A041	2	10:49:24	10:51:17	10:53:30
42	A042	4	10:51:00	10:51:47	10:53:48
43	A043	2	10:51:12	10:53:44	10:55:08
44	A044	3	10:56:13	10:57:35	10:59:54

LAMPIRAN E

LISTING PROGRAM ITERASI NEWTON RAPHSON PADA MATLAB

```
function newtonraphsonweilbull2(xi)
E=0.0001;
x0=input('Masukkan nilai awal : ');
M=input('Masukkan nilai M (batas iterasi): ');
i=0;
xb=0;
disp(' ');
disp(' i      xi      f(xi)      df(xi)      epsilon');
disp('-----');
Es=0;
h=0.005;
n=length(xi);

while (i<M)
f=beta2(xi,x0);
f1=f;

gx=(beta2(xi,x0-2*h) - 8*beta2(xi,x0-h) + 8*beta2(xi,x0+h) -
beta2(xi,x0-2*h))/(12*h);
xb=x0-(f1/gx);
Es= abs(xb-x0);
if gx==0
break
elseif Es<E
x0=x0-f1/gx;
break
else
xb=x0-f1/gx;
end
x0=xb;
i=i+1;
fprintf('%3.0f %12.6f %12.6f %12.6f %12.6f\n',i,xb,f1,gx,Es);
End
disp('-----')
fprintf('Akarnya Adalah = %10.8f\n',xb);
sumDx=0;
for j=1:n
    Dx(j)=xi(j)^xb;
    sumDx=sumDx+Dx(j);
end
teta=(sumDx/n)^(1/xb)
end
```


LAMPIRAN E (Lanjutan)

```
function f=beta2(x, x0)
xi=x;
n=length(xi);
sumAx=0;
sumBx=0;
sumCx=0;
for j=1:n
    Ax(j)=log(xi(j));
    sumAx=sumAx + Ax(j);
    Bx(j)=(xi(j)^x0)*Ax(j);
    sumBx=sumBx + Bx(j);
    Cx(j)=xi(j)^x0;
    sumCx=sumCx + Cx(j);
end

f=(1/x0) - sumBx/sumCx + sumAx/n;
end
```

LAMPIRAN F

LISTING PROGRAM UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI WEIBULL PADA MATLAB

```
function Dhit = UjiWeibull(x_i,f_i,teta,beta)
t=length(f_i);
n = sum(f_i);
Dtabel = 1.358/sqrt(n);
fkum(1)=f_i(1);
for i=2:t
    fk=fkum(i-1);
    fkum(i)=fk + f_i(i);
end

for j=1:t
    s(j)=fkum(j)/n;
    h(j)=1-exp(-(x_i(j)/teta)^beta);
    D(j)=abs(s(j)-h(j));

    if j==1
        D1(j)=abs(h(j));
    else
        D1(j)=abs(s(j-1)-h(j));
    end
end
Dm=max(D,D1);
Dhit=max(Dm);
fprintf('D_hitung Adalah = %12.6f\n',Dhit);
fprintf('D_tabel Adalah = %12.6f\n',Dtabel);

if Dhit>Dtabel
    fprintf('Kesimpulan: Tolak H0, data tidak mengikuti
distribusi Weibull\n');
else
    fprintf('Kesimpulan: Gagal Tolak H0, data mengikuti
distribusi Weibull\n');
end
end
```

LAMPIRAN G

LISTING PROGRAM UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI EKSPONENSIAL PADA MATLAB

```
function Dhit = UjiEksponen(x_i,f_i,lam)
lambda = lam;
t=length(f_i);
n=sum(f_i);
Dtabel = 1.358/sqrt(n);
fkum(1)=f_i(1);
for i=2:t
    fk=fkum(i-1);
    fkum(i)=fk + f_i(i);
end

for j=1:t
    s(j)=fkum(j)/n;
    h(j)=1-exp(-x_i(j)/lambda);
    D(j)=abs(s(j)-h(j));

    if j==1
        D1(j)=abs(h(j));
    else
        D1(j)=abs(s(j-1)-h(j));
    end
end
Dm=max(D,D1);
Dhit=max(Dm);
fprintf('D_hitung Adalah = %12.6f\n',Dhit);
fprintf('D_tabel Adalah = %12.6f\n',Dtabel);

if Dhit>Dtabel
    fprintf('Kesimpulan: Tolak H0, data tidak mengikuti
distribusi Eksponensial\n');
else
    fprintf('Kesimpulan: Gagal Tolak H0, data mengikuti
distribusi Eksponensial\n');
end
end
```

LAMPIRAN H**TABEL KOLMOGOROV-SMIRNOV**

Nu	α		
	0.10	0.05	0.01
1	0.950	0.975	0.995
2	0.776	0.842	0.929
3	0.636	0.708	0.829
4	0.565	0.624	0.734
5	0.510	0.563	0.669
6	0.468	0.520	0.617
7	0.436	0.483	0.576
8	0.410	0.454	0.542
9	0.387	0.430	0.513
10	0.369	0.409	0.489
11	0.352	0.391	0.468
12	0.338	0.375	0.450
13	0.325	0.361	0.432
14	0.314	0.349	0.418
15	0.304	0.338	0.404
16	0.295	0.327	0.392
17	0.286	0.318	0.381
18	0.279	0.309	0.371
19	0.271	0.301	0.361
20	0.265	0.294	0.352
21	0.259	0.287	0.344
22	0.253	0.281	0.337
23	0.247	0.275	0.330

Nu	α		
	0.10	0.05	0.01
24	0.242	0.269	0.323
25	0.238	0.264	0.317
26	0.233	0.259	0.311
27	0.229	0.254	0.305
28	0.225	0.250	0.300
29	0.221	0.246	0.295
30	0.218	0.242	0.290
31	0.214	0.238	0.285
32	0.211	0.234	0.281
33	0.208	0.231	0.277
34	0.205	0.227	0.273
35	0.202	0.224	0.269
>35	$\frac{1.224}{\sqrt{\text{Nu}}}$	$\frac{1.358}{\sqrt{\text{Nu}}}$	$\frac{1.628}{\sqrt{\text{Nu}}}$

LAMPIRAN I

DATA HASIL SIMULASI PADA PENGAMATAN 25 HARI

Jumlah teller 1

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	34,63405278	34,63405278	288,9922374	254,3581846
2	191,3989195	288,9922374	532,0567025	243,0644651
3	416,6220437	532,0567025	749,1901097	217,1334072
4	566,7601625	749,1901097	915,0270661	165,8369564
5	791,1124713	915,0270661	1129,056774	214,0297077
6	857,2100679	1129,056774	1330,25472	201,1979462
7	1030,697702	1330,25472	1494,405135	164,1504146
8	1187,566718	1494,405135	1696,927186	202,5220511
9	1303,538183	1696,927186	1892,748604	195,8214179
10	1521,770181	1892,748604	2139,647798	246,8991948
11	1701,43865	2139,647798	2362,13718	222,4893815
12	1960,570638	2362,13718	2667,946366	305,8091858
13	2168,348994	2667,946366	2862,140313	194,193947
14	2403,141823	2862,140313	3067,193257	205,0529439
15	2639,189343	3067,193257	3335,224797	268,0315401
16	2800,797994	3335,224797	3570,733204	235,5084073
17	2962,105518	3570,733204	3830,499607	259,7664027
18	3206,272552	3830,499607	4022,274958	191,7753511
19	3351,978967	4022,274958	4226,527076	204,2521179
20	3507,831641	4226,527076	4435,245142	208,7180666
21	3723,581548	4435,245142	4645,560965	210,3158229
22	3882,300324	4645,560965	4852,871091	207,3101254
23	4055,753495	4852,871091	5081,350928	228,4798377
24	4223,178458	5081,350928	5320,592879	239,2419509
25	4371,178314	5320,592879	5548,168939	227,5760592
26	4530,134463	5548,168939	5831,392861	283,2239228

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
27	4658,285263	5831,392861	6061,39823	230,0053682
28	4788,896886	6061,39823	6256,301519	194,9032898
29	4912,978419	6256,301519	6409,970679	153,6691597
30	5047,213397	6409,970679	6603,692043	193,721364
31	5293,363084	6603,692043	6779,28061	175,5885673
32	5557,158482	6779,28061	7050,312422	271,0318113
33	5724,097675	7050,312422	7246,204686	195,8922647
34	5809,666334	7246,204686	7431,760012	185,5553258
35	5996,155283	7431,760012	7615,413481	183,6534683
36	6205,321221	7615,413481	7773,343923	157,9304423
37	6398,639636	7773,343923	8031,776126	258,432203
38	6607,817968	8031,776126	8197,591471	165,8153457
39	6874,260211	8197,591471	8463,419093	265,8276213
40	7052,355044	8463,419093	8772,078576	308,6594828
41	7242,327194	8772,078576	8967,574957	195,4963811
42	7384,418012	8967,574957	9164,73836	197,1634032
43	7536,973923	9164,73836	9392,719898	227,981538
44	7769,756738	9392,719898	9571,210952	178,4910536
45	7975,671335	9571,210952	9736,960045	165,7490936
46	8137,436274	9736,960045	9959,721765	222,7617196
47	8415,102254	9959,721765	10202,96382	243,2420535
48	8510,612248	10202,96382	10472,84174	269,8779182
49	8773,689063	10472,84174	10702,25735	229,4156114

LAMPIRAN I (Lanjutan)

Jumlah teller 2

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	34,63405278	34,63405278	288,9922374	254,3581846
2	191,3989195	191,3989195	434,4633846	243,0644651
3	416,6220437	416,6220437	633,7554509	217,1334072
4	566,7601625	566,7601625	732,5971189	165,8369564
5	791,1124713	791,1124713	1006,088462	214,9759907
6	857,2100679	857,2100679	1060,743598	203,5335297
7	1029,323354	1029,323354	1204,697583	175,3742289
8	1182,800254	1182,800254	1346,950668	164,1504146
9	1401,032252	1401,032252	1620,263949	219,2316975
10	1556,432234	1556,432234	1830,377161	273,9449278
11	1702,100458	1702,100458	1940,686731	238,5862736
12	1921,9522	1921,9522	2179,138821	257,1866213
13	2106,352011	2106,352011	2364,402528	258,0505168
14	2411,762497	2411,762497	2605,956444	194,193947
15	2573,371147	2573,371147	2778,424091	205,0529439
16	2734,678672	2734,678672	3002,102122	267,4234503
17	2978,845706	2978,845706	3214,354113	235,5084073
18	3124,552121	3124,552121	3368,627068	244,0749466
19	3280,404795	3280,404795	3485,211945	204,8071495
20	3518,944406	3518,944406	3733,896668	214,9522618
21	3658,736269	3658,736269	3869,537913	210,8016444
22	3816,648937	3816,648937	4025,367003	208,7180666
23	3964,648792	3964,648792	4174,964615	210,3158229
24	4123,604942	4123,604942	4330,915067	207,3101254

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	4251,755741	4251,755741	4432,714017	180,9582763
26	4382,367364	4382,367364	4570,316618	187,949254
27	4575,467497	4575,467497	4814,709448	239,2419509
28	4821,617185	4821,617185	5049,193244	227,5760592
29	5085,412582	5085,412582	5295,879758	210,4671753
30	5358,021048	5358,021048	5581,94887	223,9278216
31	5443,589707	5443,589707	5683,131376	239,5416688
32	5638,905466	5638,905466	5867,535598	228,630132
33	5783,240234	5783,240234	6022,790436	239,5502028
34	5867,68804	5867,68804	6043,276607	175,5885673
35	6010,306222	6022,790436	6293,822248	271,0318113
36	6276,748465	6276,748465	6472,640729	195,8922648
37	6454,843297	6454,843297	6648,201554	193,3582568
38	6644,815447	6644,815447	6845,379263	200,5638155
39	6775,57357	6775,57357	7031,376231	255,8026614
40	6903,569503	6903,569503	7140,872518	237,3030146
41	6994,206243	7031,376231	7238,280763	206,9045321
42	7230,80811	7230,80811	7517,514297	286,7061868
43	7332,896598	7332,896598	7494,182436	161,2858375
44	7580,239304	7580,239304	7856,900373	276,6610694
45	7889,789458	7889,789458	8069,902187	180,112729
46	8034,98561	8034,98561	8232,149013	197,1634032
47	8273,993086	8273,993086	8501,974624	227,9815381
48	8404,5759	8404,5759	8583,066953	178,4910536
49	8623,296885	8623,296885	8789,045978	165,7490936
50	8757,807972	8757,807972	8980,569692	222,7617196

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
51	8881,240456	8881,240456	9124,48251	243,2420535
52	9109,241576	9109,241576	9390,519863	281,2782867
53	9244,473421	9244,473421	9471,520964	227,047543
54	9497,698631	9497,698631	9752,83132	255,1326894
55	9692,157848	9692,157848	9879,331914	187,1740654
56	9883,8909	9883,8909	10088,1299	204,2389983
57	10068,19956	10068,19956	10345,50973	277,3101647
58	10259,00895	10259,00895	10538,07724	279,0682893
59	10568,45897	10568,45897	10822,66979	254,2108281

LAMPIRAN I (Lanjutan)

Jumlah teller 3

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	34,63405278	34,63405278	288,9922374	254,3581846
2	191,3989195	191,3989195	434,4633846	243,0644651
3	416,6220437	416,6220437	633,7554509	217,1334072
4	566,7601625	566,7601625	732,5971189	165,8369564
5	791,1124713	791,1124713	1006,088462	214,9759907
6	857,2100679	857,2100679	1060,743598	203,5335297
7	1029,323354	1029,323354	1204,697583	175,3742289
8	1182,800254	1182,800254	1346,950668	164,1504146
9	1401,032252	1401,032252	1620,263949	219,2316975
10	1556,432234	1556,432234	1830,377161	273,9449278
11	1702,100458	1702,100458	1940,686731	238,5862736
12	1921,9522	1921,9522	2179,138821	257,1866213
13	2106,352011	2106,352011	2364,402528	258,0505168
14	2411,762497	2411,762497	2605,956444	194,193947
15	2573,371147	2573,371147	2778,424091	205,0529439
16	2734,678672	2734,678672	3002,710212	268,0315401
17	2978,845706	2978,845706	3214,354113	235,5084073
18	3124,552121	3124,552121	3368,627068	244,0749466
19	3280,404795	3280,404795	3485,211945	204,8071495
20	3518,944406	3518,944406	3733,896668	214,9522618
21	3658,736269	3658,736269	3869,537913	210,8016444
22	3816,648937	3816,648937	4025,367003	208,7180666
23	3964,648792	3964,648792	4174,964615	210,3158229

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
24	4123,604942	4123,604942	4330,915067	207,3101254
25	4251,755741	4251,755741	4432,714017	180,9582763
26	4382,367364	4382,367364	4570,316618	187,949254
27	4575,467497	4575,467497	4814,709448	239,2419509
28	4821,617185	4821,617185	5049,193244	227,5760592
29	5085,412582	5085,412582	5295,879758	210,4671753
30	5358,021048	5358,021048	5581,94887	223,9278216
31	5443,589707	5443,589707	5683,131376	239,5416688
32	5638,905466	5638,905466	5867,535598	228,630132
33	5783,240234	5783,240234	6022,790436	239,5502028
34	5867,68804	5867,68804	6043,276607	175,5885673
35	6010,306222	6010,306222	6281,338033	271,0318113
36	6276,748465	6276,748465	6472,640729	195,8922648
37	6454,843297	6454,843297	6648,201554	193,3582568
38	6644,815447	6644,815447	6845,379263	200,5638155
39	6775,57357	6775,57357	7031,376231	255,8026614
40	6903,569503	6903,569503	7140,872518	237,3030146
41	6994,206243	6994,206243	7201,110775	206,9045321
42	7230,80811	7230,80811	7517,514297	286,7061868
43	7332,896598	7332,896598	7494,182436	161,2858375
44	7580,239304	7580,239304	7856,900373	276,6610694
45	7889,789458	7889,789458	8069,902187	180,112729
46	8034,98561	8034,98561	8232,149013	197,1634032
47	8273,993086	8273,993086	8501,974624	227,9815381
48	8404,5759	8404,5759	8583,066953	178,4910536

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
49	8623,296885	8623,296885	8789,045978	165,7490936
50	8757,807972	8757,807972	8980,569692	222,7617196
51	8881,240456	8881,240456	9124,48251	243,2420535
52	9109,241576	9109,241576	9390,519863	281,2782867
53	9244,473421	9244,473421	9471,520964	227,047543
54	9497,698631	9497,698631	9752,83132	255,1326894
55	9692,157848	9692,157848	9879,331914	187,1740654
56	9883,8909	9883,8909	10088,1299	204,2389983
57	10068,19956	10068,19956	10345,50973	277,3101647
58	10259,00895	10259,00895	10538,07724	279,0682893
59	10568,45897	10568,45897	10822,66979	254,2108281

LAMPIRAN I (Lanjutan)

Jumlah teller 4

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	34,63405278	34,63405278	288,9922374	254,3581846
2	191,3989195	191,3989195	434,4633846	243,0644651
3	416,6220437	416,6220437	633,7554509	217,1334072
4	566,7601625	566,7601625	732,5971189	165,8369564
5	791,1124713	791,1124713	1006,088462	214,9759907
6	857,2100679	857,2100679	1060,743598	203,5335297
7	1029,323354	1029,323354	1204,697583	175,3742289
8	1182,800254	1182,800254	1346,950668	164,1504146
9	1401,032252	1401,032252	1620,263949	219,2316975
10	1556,432234	1556,432234	1830,377161	273,9449278
11	1702,100458	1702,100458	1940,686731	238,5862736
12	1921,9522	1921,9522	2179,138821	257,1866213
13	2106,352011	2106,352011	2364,402528	258,0505168
14	2411,762497	2411,762497	2605,956444	194,193947
15	2573,371147	2573,371147	2778,424091	205,0529439
16	2734,678672	2734,678672	3002,710212	268,0315401
17	2978,845706	2978,845706	3214,354113	235,5084073
18	3124,552121	3124,552121	3368,627068	244,0749466
19	3280,404795	3280,404795	3485,211945	204,8071495
20	3518,944406	3518,944406	3733,896668	214,9522618

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
21	3658,736269	3658,736269	3869,537913	210,8016444
22	3816,648937	3816,648937	4025,367003	208,7180666
23	3964,648792	3964,648792	4174,964615	210,3158229
24	4123,604942	4123,604942	4330,915067	207,3101254
25	4251,755741	4251,755741	4432,714017	180,9582763
26	4382,367364	4382,367364	4570,316618	187,949254
27	4575,467497	4575,467497	4814,709448	239,2419509
28	4821,617185	4821,617185	5049,193244	227,5760592
29	5085,412582	5085,412582	5295,879758	210,4671753
30	5358,021048	5358,021048	5581,94887	223,9278216
31	5443,589707	5443,589707	5683,131376	239,5416688
32	5638,905466	5638,905466	5867,535598	228,630132
33	5783,240234	5783,240234	6022,790436	239,5502028
34	5867,68804	5867,68804	6043,276607	175,5885673
35	6010,306222	6010,306222	6281,338033	271,0318113
36	6276,748465	6276,748465	6472,640729	195,8922648
37	6454,843297	6454,843297	6648,201554	193,3582568
38	6644,815447	6644,815447	6845,379263	200,5638155
39	6775,57357	6775,57357	7031,376231	255,8026614
40	6903,569503	6903,569503	7140,872518	237,3030146
41	6994,206243	6994,206243	7201,110775	206,9045321
42	7230,80811	7230,80811	7517,514297	286,7061868

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
43	7332,896598	7332,896598	7494,182436	161,2858375
44	7580,239304	7580,239304	7856,900373	276,6610694
45	7889,789458	7889,789458	8069,902187	180,112729
46	8034,98561	8034,98561	8232,149013	197,1634032
47	8273,993086	8273,993086	8501,974624	227,9815381
48	8404,5759	8404,5759	8583,066953	178,4910536
49	8623,296885	8623,296885	8789,045978	165,7490936
50	8757,807972	8757,807972	8980,569692	222,7617196
51	8881,240456	8881,240456	9124,48251	243,2420535
52	9109,241576	9109,241576	9390,519863	281,2782867
53	9244,473421	9244,473421	9471,520964	227,047543
54	9497,698631	9497,698631	9752,83132	255,1326894
55	9692,157848	9692,157848	9879,331914	187,1740654
56	9883,8909	9883,8909	10088,1299	204,2389983
57	10068,19956	10068,19956	10345,50973	277,3101647
58	10259,00895	10259,00895	10538,07724	279,0682893
59	10568,45897	10568,45897	10822,66979	254,2108281
60	10799,93595	10799,93595	11014,81574	214,8797878

LAMPIRAN I (Lanjutan)

Jumlah teller 5

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	34,63405278	34,63405278	288,9922374	254,3581846
2	191,3989195	191,3989195	434,4633846	243,0644651
3	416,6220437	416,6220437	633,7554509	217,1334072
4	566,7601625	566,7601625	732,5971189	165,8369564
5	791,1124713	791,1124713	1006,088462	214,9759907
6	857,2100679	857,2100679	1060,743598	203,5335297
7	1029,323354	1029,323354	1204,697583	175,3742289
8	1182,800254	1182,800254	1346,950668	164,1504146
9	1401,032252	1401,032252	1620,263949	219,2316975
10	1556,432234	1556,432234	1830,377161	273,9449278
11	1702,100458	1702,100458	1940,686731	238,5862736
12	1921,9522	1921,9522	2179,138821	257,1866213
13	2106,352011	2106,352011	2364,402528	258,0505168
14	2411,762497	2411,762497	2605,956444	194,193947
15	2573,371147	2573,371147	2778,424091	205,0529439
16	2734,678672	2734,678672	3002,710212	268,0315401
17	2978,845706	2978,845706	3214,354113	235,5084073
18	3124,552121	3124,552121	3368,627068	244,0749466
19	3280,404795	3280,404795	3485,211945	204,8071495
20	3518,944406	3518,944406	3733,896668	214,9522618
21	3658,736269	3658,736269	3869,537913	210,8016444
22	3816,648937	3816,648937	4025,367003	208,7180666

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
23	3964,648792	3964,648792	4174,964615	210,3158229
24	4123,604942	4123,604942	4330,915067	207,3101254
25	4251,755741	4251,755741	4432,714017	180,9582763
26	4382,367364	4382,367364	4570,316618	187,949254
27	4575,467497	4575,467497	4814,709448	239,2419509
28	4821,617185	4821,617185	5049,193244	227,5760592
29	5085,412582	5085,412582	5295,879758	210,4671753
30	5358,021048	5358,021048	5581,94887	223,9278216
31	5443,589707	5443,589707	5683,131376	239,5416688
32	5638,905466	5638,905466	5867,535598	228,630132
33	5783,240234	5783,240234	6022,790436	239,5502028
34	5867,68804	5867,68804	6043,276607	175,5885673
35	6010,306222	6010,306222	6281,338033	271,0318113
36	6276,748465	6276,748465	6472,640729	195,8922648
37	6454,843297	6454,843297	6648,201554	193,3582568
38	6644,815447	6644,815447	6845,379263	200,5638155
39	6775,57357	6775,57357	7031,376231	255,8026614
40	6903,569503	6903,569503	7140,872518	237,3030146
41	6994,206243	6994,206243	7201,110775	206,9045321
42	7230,80811	7230,80811	7517,514297	286,7061868
43	7332,896598	7332,896598	7494,182436	161,2858375
44	7580,239304	7580,239304	7856,900373	276,6610694
45	7889,789458	7889,789458	8069,902187	180,112729

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
46	8034,98561	8034,98561	8232,149013	197,1634032
47	8273,993086	8273,993086	8501,974624	227,9815381
48	8404,5759	8404,5759	8583,066953	178,4910536
49	8623,296885	8623,296885	8789,045978	165,7490936
50	8757,807972	8757,807972	8980,569692	222,7617196
51	8881,240456	8881,240456	9124,48251	243,2420535
52	9109,241576	9109,241576	9390,519863	281,2782867
53	9244,473421	9244,473421	9471,520964	227,047543
54	9497,698631	9497,698631	9752,83132	255,1326894
55	9692,157848	9692,157848	9879,331914	187,1740654
56	9883,8909	9883,8909	10088,1299	204,2389983
57	10068,19956	10068,19956	10345,50973	277,3101647
58	10259,00895	10259,00895	10538,07724	279,0682893
59	10568,45897	10568,45897	10822,66979	254,2108281
60	10799,93595	10799,93595	11014,81574	214,8797878

LAMPIRAN J**DATA HASIL SIMULASI
PADA TANGAL 1 MARET 2016**

Jumlah teller 1

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	2,353180505	2,353180505	172,5915762	170,2383957
2	78,05013757	172,5915762	675,4353346	502,8437583
3	88,90449108	675,4353346	918,7188867	243,2835521
4	223,5670444	918,7188867	1302,234585	383,5156987
5	369,2627611	1302,234585	1626,048181	323,8135952
6	399,0103657	1626,048181	1629,863459	3,81527862
7	402,6721803	1629,863459	1643,921969	14,05851
8	512,8796501	1643,921969	1693,183107	49,26113788
9	930,4060481	1693,183107	1906,022816	212,8397087
10	1034,690469	1906,022816	2228,80771	322,7848946
11	1086,245382	2228,80771	2345,327502	116,5197914
12	1139,982597	2345,327502	2778,04171	432,7142087
13	1175,167839	2778,04171	2821,091146	43,04943602
14	1256,219928	2821,091146	3087,190956	266,0998092
15	1435,924048	3087,190956	3373,313388	286,1224325
16	1471,273404	3373,313388	3876,726317	503,4129293
17	1477,710485	3876,726317	4159,521242	282,7949245
18	1728,40494	4159,521242	4247,610243	88,08900132
19	2049,276592	4247,610243	4557,974185	310,363942
20	2137,453941	4557,974185	4610,627837	52,653652
21	2206,616126	4610,627837	4908,415057	297,7872196
22	2241,587739	4908,415057	5194,25728	285,8422233
23	2525,979408	5194,25728	5236,857103	42,5998229

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
24	2739,796003	5236,857103	5370,870819	134,0137155
25	2809,572291	5370,870819	5763,583166	392,7123478
26	2933,711183	5763,583166	5913,527091	149,9439247
27	3191,034189	5913,527091	6105,998058	192,4709674
28	3367,668706	6105,998058	6152,838503	46,84044496
29	3488,723875	6152,838503	6353,586862	200,7483589
30	3596,496393	6353,586862	6651,33792	297,7510579
31	3693,659287	6651,33792	6752,193666	100,8557458
32	3822,272994	6752,193666	6865,936291	113,7426249
33	3922,457237	6865,936291	7242,465969	376,5296783
34	4010,587694	7242,465969	7541,311802	298,845833
35	4073,881485	7541,311802	7574,920035	33,60823248
36	4117,7024	7574,920035	7602,49164	27,5716057
37	4159,734053	7602,49164	7641,457768	38,9661277
38	4180,292878	7641,457768	7902,128973	260,671205
39	4209,636512	7902,128973	7909,726395	7,59742233
40	4234,413875	7909,726395	8187,604009	277,8776134
41	4257,849689	8187,604009	8327,966636	140,3626269
42	4648,831837	8327,966636	8329,729252	1,76261626
43	4854,815607	8329,729252	9235,849651	906,120399
44	4877,678934	9235,849651	9801,563298	565,7136475
45	5033,407886	9801,563298	9851,224179	49,6608805
46	5236,823901	9851,224179	9961,129401	109,9052223
47	5279,423326	9961,129401	10047,06871	85,93930546
48	5839,346911	10047,06871	10186,79309	139,7243876
49	5912,361822	10186,79309	10592,90796	406,1148673
50	6019,62824	10592,90796	11005,58069	412,672725

LAMPIRAN J (Lanjutan)

Jumlah teller 2

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	2,353180505	2,353180505	172,591576	170,2384
2	78,05013757	78,05013757	384,999098	306,94896
3	88,90449108	172,5915762	502,874015	330,28244
4	317,8077693	384,9990981	1264,61854	879,61944
5	347,555374	502,8740154	886,389714	383,5157
6	351,2171885	886,3897141	1287,86108	401,47136
7	461,4246583	1264,618543	1268,43382	3,8152786
8	566,316184	1268,433821	1282,49233	14,05851
9	670,6006046	1282,492331	1331,75347	49,261138
10	722,1555181	1287,861076	1500,70078	212,83971
11	775,8927328	1331,753469	1654,53836	322,78489
12	811,0779744	1500,700784	1707,70383	207,00305
13	892,1300635	1654,538364	1742,09584	87,557475
14	1034,76098	1707,703833	1824,22362	116,51979
15	1070,110336	1742,095839	2174,81005	432,71421
16	1076,547417	1824,223625	2296,16019	471,93656
17	1327,241872	2174,810047	2440,90986	266,09981
18	1648,113524	2296,160186	2582,28262	286,12243
19	1717,275709	2440,909856	2835,99706	395,0872
20	2001,667378	2582,282618	3085,69555	503,41293
21	2071,443667	2835,997056	3069,10648	233,10943
22	2087,748709	3069,106484	3221,16272	152,05623
23	2211,8876	3085,695548	3193,69951	108,00396
24	2469,210607	3193,699512	3247,11114	53,411633
25	2590,265775	3221,162718	3284,70318	63,540463

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
26	2698,038294	3247,111145	3557,47509	310,36394
27	2795,201187	3284,703181	3337,35683	52,653652
28	2923,814894	3337,356833	3635,14405	297,78722
29	3047,122315	3557,475087	4013,30568	455,83059
30	3135,252772	3635,144053	3694,10509	58,961041
31	3177,284424	3694,105094	3979,94732	285,84222
32	3212,484272	3979,947317	4022,54714	42,599823
33	3241,827905	4013,305679	4118,5059	105,20022
34	3265,263719	4022,54714	5178,30894	1155,7618
35	3656,245867	4118,505897	4268,44982	149,94392
36	3811,974819	4268,449822	4516,85422	248,4044
37	4015,390834	4516,854225	4943,72313	426,8689
38	4070,64971	4943,723128	5044,57887	100,85575
39	4246,143306	5044,578874	5158,3215	113,74262
40	4319,158218	5158,321499	5348,85741	190,53591
41	4400,700046	5178,308944	5434,65159	256,34265
42	4516,448936	5348,857412	5404,11576	55,258346
43	4534,302207	5404,115758	5626,80035	222,6846
44	4619,619168	5434,651591	5654,87499	220,2234
45	4638,284209	5626,800353	6078,08663	451,28628
46	4678,89519	5654,874994	5688,48323	33,608232
47	4809,225505	5688,483227	5716,05483	27,571606
48	4820,338395	5716,054833	5755,02096	38,966128
49	4829,068481	5755,02096	6015,69217	260,67121
50	4830,893088	6015,692165	6023,28959	7,5974223
51	4871,839837	6023,289588	6301,1672	277,87761
52	4903,627539	6078,086634	6634,63878	556,55214

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
53	5203,941449	6301,167201	6302,92982	1,7626163
54	5371,674492	6302,929817	7209,05022	906,1204
55	5419,522344	6634,638777	6797,87077	163,23199
56	5441,65739	6797,870771	6810,72878	12,858008
57	5572,502829	6810,728779	7102,23127	291,50249
58	5598,224683	7102,23127	7213,77714	111,54587
59	5691,832015	7209,050216	7308,3972	99,346988
60	6061,188088	7213,77714	7551,43635	337,65921
61	6129,162783	7308,397205	7451,87418	143,47698
62	6187,240332	7451,874185	7501,53507	49,660881
63	6189,305531	7501,535065	7611,44029	109,90522
64	6204,99791	7551,436352	7637,37566	85,939305
65	6227,704008	7611,440288	7751,16468	139,72439
66	6235,299871	7637,375658	7659,81906	22,443397
67	6356,570864	7659,819055	7774,81662	114,99756
68	6458,267815	7751,164675	7780,55091	29,386233
69	6690,673647	7774,816619	8180,93149	406,11487
70	6707,883371	7780,550908	7833,78766	53,236754
71	6984,544576	7833,787663	8621,87304	788,08538
72	7244,347184	8180,931487	8292,2994	111,36791
73	7390,101376	8292,299398	8461,78018	169,48078
74	7541,576496	8461,780179	9327,39926	865,61909
75	7805,619427	8621,873042	8673,93444	52,061394
76	7867,072255	8673,934436	8783,22298	109,28854
77	8052,17096	8783,222978	9028,88757	245,66459
78	8150,23968	9028,887569	9030,34402	1,4564515
79	8151,210207	9030,34402	9304,44434	274,10032

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
80	8527,254625	9304,444341	9596,16853	291,72418
81	8692,104072	9327,399264	9499,35494	171,95567
82	8774,625716	9499,354938	9637,62701	138,27207
83	9047,605641	9596,168526	9881,07752	284,90899
84	9185,570741	9637,627007	10339,7346	702,10757
85	9220,531218	9881,07752	10309,4648	428,38725
86	9232,215021	10309,46477	10373,8517	64,386878
87	9336,577351	10339,73458	10576,5383	236,80368
88	9342,591565	10373,85165	10896,2283	522,37664
89	9438,627893	10576,53826	10915,2466	338,70831
90	9584,97349	10896,2283	11031,9157	135,6874

LAMPIRAN J (Lanjutan)

Jumlah teller 3

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	2,353180505	2,353180505	172,5916	170,2383957
2	78,05013757	78,05013757	384,9991	306,9489605
3	88,90449108	88,90449108	419,1869	330,2824392
4	317,8077693	317,8077693	328,5351	10,72734038
5	347,555374	347,555374	1227,175	879,6194448
6	457,7628438	457,7628438	841,2785	383,5156987
7	562,6543694	562,6543694	688,2905	125,6361785
8	666,93879	688,2905478	776,3455	88,05499285
9	720,6760047	776,3455407	1177,817	401,4713616
10	801,7280939	841,2785425	929,7156	88,43705707
11	944,3590101	944,3590101	1491,598	547,2386108
12	950,7960906	1177,816902	1500,602	322,7848946
13	952,0015159	1227,174819	1434,178	207,0030487
14	956,8985218	1434,177867	1521,735	87,55747458
15	975,745358	1491,597621	2106,968	615,3698857
16	1066,597764	1500,601797	1933,316	432,7142087
17	1387,469416	1521,735342	1688,231	166,4957939
18	1456,631601	1688,231136	1731,281	43,04943602
19	1504,176881	1731,280572	1997,38	266,0998092
20	1717,993475	1933,316006	2219,438	286,1224325
21	1842,132367	1997,380381	2392,468	395,0871991
22	2099,455373	2106,967507	2610,38	503,4129293
23	2220,510542	2220,510542	2447,072	226,561748
24	2328,28306	2392,46758	2625,577	233,1094281
25	2456,896767	2456,896767	2663,797	206,9006272
26	2580,204188	2610,380436	2718,384	108,0039644
27	2643,49798	2643,49798	2731,587	88,08900132
28	2685,529632	2685,529632	2759,899	74,36965692
29	2706,088458	2718,3844	2778,718	60,33344344
30	2730,865821	2731,586981	3559,059	827,4724568
31	2867,13933	2867,13933	3164,927	297,7872196
32	2887,384738	2887,384738	2946,346	58,96104126
33	3093,368508	3093,368508	3379,211	285,8422233
34	3249,09746	3249,09746	3291,697	42,5998229
35	3452,513475	3452,513475	3586,527	134,0137155
36	3495,112901	3495,112901	3887,825	392,7123478

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
37	4055,036485	4055,036485	4228,711	173,6742418
38	4117,385733	4117,385733	4309,857	192,4709674
39	4224,652151	4224,652151	4271,493	46,84044495
40	4340,401041	4340,401041	4541,149	200,7483589
41	4532,35236	4532,35236	4632,976	100,623977
42	4551,0174	4551,0174	4581,152	30,13436759
43	4681,347715	4681,347715	4686,958	5,61078402
44	4690,077802	4690,077802	4770,194	80,11658801
45	4731,024551	4731,024551	4831,88	100,8557458
46	5031,338461	5031,338461	5221,874	190,5359128
47	5077,666843	5077,666843	5454,197	376,5296783
48	5188,621994	5188,621994	5305,832	117,2095408
49	5209,945803	5221,874373	5279,086	57,21169149
50	5305,322696	5305,322696	5604,169	298,845833
51	5399,567051	5399,567051	5618,405	218,8381444
52	5425,288905	5454,196521	5487,805	33,60823247
53	5629,066349	5629,066349	6413,872	784,8054634
54	5639,16676	5639,16676	5899,838	260,671205
55	5653,815613	5653,815613	5931,693	277,8776134
56	5656,342937	5899,837965	6040,201	140,3626269
57	5724,317633	5931,693226	5937,989	6,29610097
58	5979,600812	5979,600812	6038,185	58,58370423
59	5995,293192	6038,184516	6039,947	1,76261625
60	6002,889055	6039,947133	6946,068	906,120399
61	6124,160049	6124,160049	6634,159	509,9986222
62	6225,856999	6413,871812	6426,73	12,85800802
63	6294,164219	6426,72982	6718,232	291,5024909
64	6311,373942	6634,158671	6745,705	111,54587
65	6588,035147	6718,232311	6817,579	99,34698833
66	6847,837755	6847,837755	7178,244	330,4057701
67	6997,033911	6997,033911	7339,489	342,4553803
68	7056,497631	7056,497631	7166,403	109,9052223
69	7075,508897	7166,402853	7252,342	85,93930545
70	7339,551827	7339,551827	7361,995	22,4433972
71	7397,345584	7397,345584	7426,732	29,38623289
72	7444,223583	7444,223583	7497,46	53,23675448
73	7626,16267	7626,16267	8414,248	788,0853797
74	7687,615498	7687,615498	7916,142	228,5262663
75	7872,714204	7872,714204	8670,734	798,0193006

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
76	7873,68473	7916,141765	8085,623	169,4807807
77	7918,974322	8085,622545	8456,126	370,5035006
78	8329,362287	8414,24805	9006,611	592,3633158
79	8349,363037	8456,126046	8701,791	245,6645903
80	8393,744391	8670,733504	8758,265	87,53153391
81	8476,266036	8701,790636	8733,363	31,57219544
82	8476,694209	8733,362832	8975,504	242,1413828
83	8595,931603	8758,265038	8930,221	171,9556748
84	8733,896703	8930,220713	9261,874	331,6529111
85	8861,393751	8975,504215	9000,272	24,76799503
86	8867,407966	9000,27221	9594,336	594,0634976
87	8963,444293	9006,611365	9291,52	284,9089941
88	9020,592639	9261,873624	9364,244	102,3703812
89	9348,286919	9348,286919	9499,087	150,8005577
90	9540,972178	9540,972178	9967,541	426,5686816
91	9628,321686	9628,321686	9748,676	120,3539391
92	9629,38173	9629,38173	9693,769	64,38687842
93	9827,667198	9827,667198	10350,04	522,376644
94	9929,558925	9929,558925	10292,47	362,9068857
95	9980,102654	9980,102654	10269,59	289,4890574
96	10129,7971	10269,59171	10405,28	135,6874023
97	10357,8341	10357,8341	10819,95	462,1118061
98	10539,12737	10539,12737	11491,48	952,3546856
99	10560,15051	10560,15051	10574,78	14,6314391
100	10574,85638	10574,85638	11399,77	824,911024

LAMPIRAN J (Lanjutan)

Jumlah teller 4

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	2,353180505	2,353181	172,5916	170,238396
2	78,05013757	78,05014	384,9991	306,948961
3	88,90449108	88,90449	419,1869	330,282439
4	317,8077693	317,8078	328,5351	10,7273404
5	347,555374	347,5554	1227,175	879,619445
6	457,7628438	457,7628	841,2785	383,515699
7	562,6543694	562,6544	688,2905	125,636178
8	666,93879	666,9388	754,9938	88,0549929
9	720,6760047	720,676	1122,147	401,471362
10	801,7280939	801,7281	890,1652	88,4370571
11	944,3590101	944,359	1491,598	547,238611
12	950,7960906	950,7961	964,8546	14,05851
13	952,0015159	964,8546	1177,694	212,839709
14	970,8483521	1122,147	1444,932	322,784895
15	1291,720005	1291,72	1456,852	165,13204
16	1379,897353	1379,897	1496,417	116,519791
17	1414,868967	1444,932	1877,646	432,714209
18	1699,260635	1699,261	1865,756	166,495794
19	1913,07723	1913,077	2197,646	284,568678
20	1929,382272	1929,382	2490,071	560,68854
21	2044,883068	2044,883	2439,97	395,087199
22	2169,750621	2169,751	2673,164	503,412929
23	2290,80579	2290,806	2517,368	226,561748
24	2398,578309	2439,97	2673,08	233,109428
25	2527,192015	2527,192	2734,093	206,900627
26	2650,499436	2650,499	2758,503	108,003964
27	2713,793228	2713,793	2801,882	88,0890013
28	2755,82488	2755,825	2830,195	74,3696569
29	2776,383706	2776,384	2836,717	60,3334434
30	2801,16107	2801,161	3628,634	827,472457
31	2937,434579	2937,435	3235,222	297,78722
32	2957,679986	2957,68	3016,641	58,9610413
33	3163,663756	3163,664	3449,506	285,842223
34	3319,392708	3319,393	3361,993	42,5998229
35	3522,808723	3522,809	3656,822	134,013715
36	3565,408149	3565,408	3958,12	392,712348

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
37	4125,331733	4125,332	4299,006	173,674242
38	4187,680981	4187,681	4380,152	192,470967
39	4294,947399	4294,947	4341,788	46,840445
40	4410,696289	4410,696	4611,445	200,748359
41	4602,647608	4602,648	4703,272	100,623977
42	4621,312648	4621,313	4651,447	30,1343676
43	4751,642963	4751,643	4757,254	5,61078402
44	4760,37305	4760,373	4840,49	80,116588
45	4801,319799	4801,32	4902,176	100,855746
46	5101,633709	5101,634	5292,17	190,535913
47	5147,962091	5147,962	5524,492	376,529678
48	5258,917242	5258,917	5376,127	117,209541
49	5280,241051	5280,241	5337,453	57,2116915
50	5375,617944	5375,618	5674,464	298,845833
51	5469,862299	5469,862	5688,7	218,838144
52	5495,584153	5495,584	5529,192	33,6082325
53	5699,361597	5699,362	6484,167	784,805463
54	5709,462008	5709,462	5970,133	260,671205
55	5724,110861	5724,111	6001,988	277,877613
56	5726,638186	5726,638	6283,19	556,552143
57	5794,612881	5970,133	5971,896	1,76261625
58	5852,69043	5971,896	6878,016	906,120399
59	5854,755629	6001,988	6238,371	236,382486
60	5870,448008	6238,371	6401,603	163,231994
61	5893,154106	6283,19	6296,048	12,858008
62	5900,749969	6296,048	6587,551	291,502491
63	6022,020962	6401,603	6967,317	565,713648
64	6254,426795	6484,167	6595,713	111,54587
65	6271,636519	6587,551	6925,21	337,659212
66	6548,297723	6595,713	6739,19	143,47698
67	6588,355027	6739,19	6788,851	49,6608805
68	6734,10922	6788,851	6898,756	109,905222
69	6885,58434	6885,584	6971,524	85,9393055
70	7149,62727	7149,627	7172,071	22,4433972
71	7207,421026	7207,421	7236,807	29,3862329
72	7254,299025	7254,299	7307,536	53,2367545
73	7436,238113	7436,238	8224,323	788,08538
74	7497,690941	7497,691	7726,217	228,526266
75	7682,789646	7682,79	8480,809	798,019301

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
76	7683,760173	7683,76	7853,241	169,480781
77	7729,049765	7729,05	8099,553	370,503501
78	8139,43773	8139,438	8248,726	109,288543
79	8159,438479	8159,438	8751,802	592,363316
80	8241,960124	8241,96	8243,417	1,45645149
81	8347,955441	8347,955	8661,902	313,946835
82	8467,192835	8467,193	8498,765	31,5721954
83	8502,153312	8502,153	8793,877	291,724185
84	8606,515642	8606,516	8623,536	17,02061
85	8678,754279	8678,754	9010,407	331,652911
86	8774,790606	8774,791	8799,559	24,767995
87	8831,938952	8831,939	9116,848	284,908994
88	9105,761084	9105,761	9208,131	102,370381
89	9433,455363	9433,455	9584,256	150,800558
90	9626,140622	9626,141	10052,71	426,568682
91	9713,49013	9713,49	9833,844	120,353939
92	9714,550174	9714,55	9778,937	64,3868784
93	9912,835642	9912,836	10435,21	522,376644
94	10014,72737	10014,73	10377,63	362,906886
95	10065,2711	10065,27	10354,76	289,489057
96	10214,96554	10214,97	10350,65	135,687402
97	10443,00255	10443	10905,11	462,111806
98	10624,29582	10624,3	11576,65	952,354686
99	10645,31895	10645,32	10659,95	14,6314391
100	10660,02482	10660,02	11484,94	824,911024

LAMPIRAN J (Lanjutan)

Jumlah teller 5

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	2,353180505	2,353181	172,5916	170,238396
2	78,05013757	78,05014	384,9991	306,948961
3	88,90449108	88,90449	419,1869	330,282439
4	317,8077693	317,8078	328,5351	10,7273404
5	347,555374	347,5554	1227,175	879,619445
6	457,7628438	457,7628	841,2785	383,515699
7	562,6543694	562,6544	688,2905	125,636178
8	666,93879	666,9388	754,9938	88,0549929
9	720,6760047	720,676	1122,147	401,471362
10	801,7280939	801,7281	890,1652	88,4370571
11	944,3590101	944,359	1491,598	547,238611
12	950,7960906	950,7961	964,8546	14,05851
13	952,0015159	952,0015	1164,841	212,839709
14	970,8483521	970,8484	1293,633	322,784895
15	1291,720005	1291,72	1456,852	165,13204
16	1379,897353	1379,897	1496,417	116,519791
17	1414,868967	1414,869	1847,583	432,714209
18	1699,260635	1699,261	1865,756	166,495794
19	1913,07723	1913,077	2197,646	284,568678
20	1929,382272	1929,382	2490,071	560,68854
21	2044,883068	2044,883	2439,97	395,087199
22	2169,750621	2169,751	2673,164	503,412929
23	2290,80579	2290,806	2517,368	226,561748
24	2398,578309	2398,578	2631,688	233,109428
25	2527,192015	2527,192	2734,093	206,900627
26	2650,499436	2650,499	2758,503	108,003964
27	2713,793228	2713,793	2801,882	88,0890013
28	2755,82488	2755,825	2830,195	74,3696569
29	2776,383706	2776,384	2836,717	60,3334434
30	2801,16107	2801,161	3628,634	827,472457
31	2937,434579	2937,435	3235,222	297,78722
32	2957,679986	2957,68	3016,641	58,9610413
33	3163,663756	3163,664	3449,506	285,842223
34	3319,392708	3319,393	3361,993	42,5998229
35	3522,808723	3522,809	3656,822	134,013715
36	3565,408149	3565,408	3958,12	392,712348

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
37	4125,331733	4125,332	4299,006	173,674242
38	4187,680981	4187,681	4380,152	192,470967
39	4294,947399	4294,947	4341,788	46,840445
40	4410,696289	4410,696	4611,445	200,748359
41	4602,647608	4602,648	4703,272	100,623977
42	4621,312648	4621,313	4651,447	30,1343676
43	4751,642963	4751,643	4757,254	5,61078402
44	4760,37305	4760,373	4840,49	80,116588
45	4801,319799	4801,32	4902,176	100,855746
46	5101,633709	5101,634	5292,17	190,535913
47	5147,962091	5147,962	5524,492	376,529678
48	5258,917242	5258,917	5376,127	117,209541
49	5280,241051	5280,241	5337,453	57,2116915
50	5375,617944	5375,618	5674,464	298,845833
51	5469,862299	5469,862	5688,7	218,838144
52	5495,584153	5495,584	5529,192	33,6082325
53	5699,361597	5699,362	6484,167	784,805463
54	5709,462008	5709,462	5970,133	260,671205
55	5724,110861	5724,111	6001,988	277,877613
56	5726,638186	5726,638	6283,19	556,552143
57	5794,612881	5794,613	5800,909	6,29610097
58	5852,69043	5852,69	5911,274	58,5837042
59	5868,38281	5911,274	5913,037	1,76261626
60	5875,978673	5913,037	6819,157	906,120399
61	5997,249667	5997,25	6507,248	509,998622
62	6098,946617	6098,947	6144,214	45,2675479
63	6167,253836	6167,254	6180,112	12,858008
64	6443,915041	6443,915	7009,629	565,713648
65	6571,307952	6571,308	6670,655	99,3469883
66	6616,675333	6616,675	6947,081	330,40577
67	6765,871488	6765,871	7108,327	342,45538
68	6825,335208	6825,335	6935,24	109,905222
69	6844,346474	6844,346	6930,286	85,9393055
70	7108,389405	7108,389	7130,833	22,4433972
71	7166,183161	7166,183	7195,569	29,3862329
72	7213,06116	7213,061	7266,298	53,2367545
73	7395,000247	7395	8183,086	788,08538
74	7456,453076	7456,453	7684,979	228,526266
75	7641,551781	7641,552	8439,571	798,019301

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
76	7642,522308	7642,522	7812,003	169,480781
77	7687,811899	7687,812	8058,315	370,503501
78	8098,199865	8098,2	8207,488	109,288543
79	8118,200614	8118,201	8710,564	592,363316
80	8200,722259	8200,722	8202,179	1,45645149
81	8306,717576	8306,718	8620,664	313,946835
82	8425,954969	8425,955	8457,527	31,5721954
83	8460,915447	8460,915	8752,64	291,724185
84	8565,277777	8565,278	8582,298	17,02061
85	8637,516413	8637,516	8969,169	331,652911
86	8733,552741	8733,553	8758,321	24,767995
87	8790,701087	8790,701	9075,61	284,908994
88	9064,523219	9064,523	9166,894	102,370381
89	9392,217498	9392,217	9543,018	150,800558
90	9584,902757	9584,903	10011,47	426,568682
91	9672,252265	9672,252	9792,606	120,353939
92	9673,312309	9673,312	9737,699	64,3868784
93	9871,597777	9871,598	10393,97	522,376644
94	9973,489504	9973,49	10336,4	362,906886
95	10024,03323	10024,03	10313,52	289,489057
96	10173,72768	10173,73	10309,42	135,687402
97	10401,76468	10401,76	10863,88	462,111806
98	10583,05795	10583,06	11535,41	952,354686
99	10604,08109	10604,08	10618,71	14,6314391
100	10618,78696	10618,79	11443,7	824,911024

LAMPIRAN K**DATA HASIL SIMULASI
PADA TANGAL 22 MARET 2016**

Jumlah teller 1

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	26,6292270727	26,6292270727	344,719176194	318,0899491
2	254,605654722	344,719176194	907,233699812	562,5145236
3	304,848526596	907,233699812	1127,12160118	219,8879014
4	693,298264582	1127,12160118	1516,7871631	389,6655619
5	1111,70945845	1516,7871631	1897,30130746	380,5141444
6	1141,99243745	1897,30130746	2381,67371673	484,3724093
7	2295,09954371	2381,67371673	2656,9685086	275,2947919
8	2600,9583665	2656,9685086	2891,85721189	234,8887033
9	2768,96597999	2891,85721189	3388,4783043	496,6210924
10	3011,54580866	3388,4783043	3623,80497534	235,326671
11	3421,635983	3623,80497534	3723,80131253	99,99633719
12	3459,63897078	3723,80131253	3850,61291081	126,8115983
13	4162,49564145	4162,49564145	4517,91807476	355,4224333
14	4234,79895607	4517,91807476	4959,28871675	441,370642
15	5127,25412162	5127,25412162	5440,66184547	313,4077239
16	5389,25375504	5440,66184547	5706,59403948	265,932194
17	5505,87443601	5706,59403948	6224,08337573	517,4893363
18	6299,81331711	6299,81331711	6614,47639176	314,6630747
19	6902,88859571	6902,88859571	7315,74860258	412,8600069
20	6968,18528438	7315,74860258	7729,79277542	414,0441728
21	7304,55664838	7729,79277542	8222,08109579	492,2883204
22	8025,33665235	8222,08109579	8784,95174387	562,8706481
23	8376,80984312	8784,95174387	9205,04150461	420,0897607

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
24	8692,15996042	9205,04150461	9616,54692474	411,5054201
25	8978,63354422	9616,54692474	9873,50026044	256,9533357
26	9273,33263858	9873,50026044	10065,2945787	191,7943183
27	9535,20450667	10065,2945787	10270,494352	205,1997733
28	9729,32798173	10270,494352	11018,2079069	747,7135549

LAMPIRAN K (Lanjutan)

Jumlah teller 2

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	26,6292270727	26,6292270727	344,719176194	318,0899491
2	254,605654722	254,605654722	684,312937296	429,7072826
3	304,848526596	344,719176194	791,542198678	446,8230225
4	948,758133315	948,758133315	1068,00064369	119,2425104
5	1051,04171451	1051,04171451	1825,90580745	774,8640929
6	1373,01614151	1373,01614151	1857,38855079	484,3724093
7	1680,52709072	1825,90580745	2101,20059932	275,2947919
8	1986,38591351	1986,38591351	2221,2746168	234,8887033
9	2154,393527	2154,393527	2651,01461941	496,6210924
10	2396,97335566	2396,97335566	2632,3000267	235,326671
11	2807,06353001	2807,06353001	3396,95043704	589,886907
12	2845,06651778	2845,06651778	2971,87811606	126,8115983
13	2868,47878661	2971,87811606	3644,13862508	672,260509
14	2940,78210123	3396,95043704	3747,42326778	350,4728307
15	3210,06959634	3644,13862508	3878,45602128	234,3173962
16	3618,8375514	3747,42326778	4013,35546179	265,932194
17	3828,98354911	3878,45602128	4395,94535753	517,4893363
18	4622,9224302	4622,9224302	4937,58550485	314,6630747
19	5225,9977088	5225,9977088	5638,85771568	412,8600069
20	5291,29439747	5291,29439747	5889,31980345	598,025406
21	5627,66576148	5638,85771568	6131,14603605	492,2883204
22	5989,50156934	5989,50156934	6552,37221742	562,8706481
23	6340,97476011	6340,97476011	6707,85161218	366,8768521
24	6656,32487741	6656,32487741	7028,58198993	372,2571125

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	7028,34105033	7028,34105033	7378,72659541	350,3855451
26	7385,93646978	7385,93646978	7642,88980549	256,9533357
27	7580,05994484	7580,05994484	7814,98765947	234,9277146
28	7716,0324153	7716,0324153	7934,76453381	218,7321185
29	7793,05103744	7814,98765947	8016,02922927	201,0415698
30	7881,67707385	7934,76453381	8682,47808878	747,713555
31	8274,50256445	8274,50256445	8697,36659016	422,8640257
32	8350,65816354	8682,47808878	8881,71681767	199,2387289
33	8932,52464238	8932,52464238	9346,35542445	413,8307821
34	9378,16765742	9378,16765742	9554,62990908	176,4622517
35	9953,08021597	9953,08021597	10236,7723274	283,6921114
36	10090,607895	10090,607895	10581,2782594	490,6703644

LAMPIRAN K (Lanjutan)

Jumlah teller 3

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	26,6292270727	26,6292270727	344,719176194	318,0899491
2	254,605654722	254,605654722	684,312937296	429,7072826
3	304,848526596	304,848526596	751,67154908	446,8230225
4	948,758133315	948,758133315	1068,00064369	119,2425104
5	1051,04171451	1051,04171451	1825,90580745	774,8640929
6	1373,01614151	1373,01614151	1857,38855079	484,3724093
7	1680,52709072	1680,52709072	1955,82188259	275,2947919
8	1986,38591351	1986,38591351	2221,2746168	234,8887033
9	2154,393527	2154,393527	2651,01461941	496,6210924
10	2396,97335566	2396,97335566	2632,3000267	235,326671
11	2807,06353001	2807,06353001	3396,95043704	589,886907
12	2845,06651778	2845,06651778	2971,87811606	126,8115983
13	2868,47878661	2868,47878661	3223,90121992	355,4224333
14	2940,78210123	2971,87811606	3413,24875805	441,370642
15	3833,23726677	3833,23726677	4146,64499062	313,4077238
16	4095,2369002	4095,2369002	4361,16909421	265,932194
17	4211,85758117	4211,85758117	4729,34691743	517,4893363
18	5005,79646226	5005,79646226	5320,45953692	314,6630747
19	5608,87174087	5608,87174087	6021,73174774	412,8600069
20	5674,16842954	5674,16842954	6272,19383551	598,025406
21	6010,53979354	6010,53979354	6502,82811391	492,2883204
22	6372,37560141	6372,37560141	6935,24624949	562,8706481
23	6723,84879217	6723,84879217	7090,72564425	366,8768521
24	7039,19890948	7039,19890948	7411,45602199	372,2571125

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	7411,21508239	7411,21508239	7761,60062748	350,3855451
26	7768,81050185	7768,81050185	8025,76383755	256,9533357
27	7962,93397691	7962,93397691	8197,86169153	234,9277146
28	8098,90644737	8098,90644737	8317,63856587	218,7321185
29	8175,92506951	8175,92506951	8376,96663931	201,0415698
30	8264,55110592	8264,55110592	9012,26466089	747,713555
31	8657,37659652	8657,37659652	9080,24062222	422,8640257
32	8733,5321956	8733,5321956	8932,7709245	199,2387289
33	9315,39867445	9315,39867445	9729,22945651	413,8307821
34	9761,04168949	9761,04168949	9937,50394115	176,4622517
35	10335,954248	10335,954248	10619,6463594	283,6921114
36	10473,4819271	10473,4819271	10964,1522915	490,6703644

LAMPIRAN K (Lanjutan)

Jumlah teller 4

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	26,6292270727	26,6292270727	344,719176194	318,0899491
2	254,605654722	254,605654722	684,312937296	429,7072826
3	304,848526596	304,848526596	751,67154908	446,8230225
4	948,758133315	948,758133315	1068,00064369	119,2425104
5	1051,04171451	1051,04171451	1825,90580745	774,8640929
6	1373,01614151	1373,01614151	1857,38855079	484,3724093
7	1680,52709072	1680,52709072	1955,82188259	275,2947919
8	1986,38591351	1986,38591351	2221,2746168	234,8887033
9	2154,393527	2154,393527	2651,01461941	496,6210924
10	2396,97335566	2396,97335566	2632,3000267	235,326671
11	2807,06353001	2807,06353001	3396,95043704	589,886907
12	2845,06651778	2845,06651778	2971,87811606	126,8115983
13	2868,47878661	2868,47878661	3223,90121992	355,4224333
14	2940,78210123	2940,78210123	3382,15274321	441,370642
15	3833,23726677	3833,23726677	4146,64499062	313,4077238
16	4095,2369002	4095,2369002	4361,16909421	265,932194
17	4211,85758117	4211,85758117	4729,34691743	517,4893363
18	5005,79646226	5005,79646226	5320,45953692	314,6630747
19	5608,87174087	5608,87174087	6021,73174774	412,8600069
20	5674,16842954	5674,16842954	6272,19383551	598,025406
21	6010,53979354	6010,53979354	6502,82811391	492,2883204
22	6372,37560141	6372,37560141	6935,24624949	562,8706481
23	6723,84879217	6723,84879217	7090,72564425	366,8768521
24	7039,19890948	7039,19890948	7411,45602199	372,2571125

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	7411,21508239	7411,21508239	7761,60062748	350,3855451
26	7768,81050185	7768,81050185	8025,76383755	256,9533357
27	7962,93397691	7962,93397691	8197,86169153	234,9277146
28	8098,90644737	8098,90644737	8317,63856587	218,7321185
29	8175,92506951	8175,92506951	8376,96663931	201,0415698
30	8264,55110592	8264,55110592	9012,26466089	747,713555
31	8657,37659652	8657,37659652	9080,24062222	422,8640257
32	8733,5321956	8733,5321956	8932,7709245	199,2387289
33	9315,39867445	9315,39867445	9729,22945651	413,8307821
34	9761,04168949	9761,04168949	9937,50394115	176,4622517
35	10335,954248	10335,954248	10619,6463594	283,6921114
36	10473,4819271	10473,4819271	10964,1522915	490,6703644

LAMPIRAN K (Lanjutan)

Jumlah teller 5

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	26,6292270727	26,6292270727	344,719176194	318,0899491
2	254,605654722	254,605654722	684,312937296	429,7072826
3	304,848526596	304,848526596	751,67154908	446,8230225
4	948,758133315	948,758133315	1068,00064369	119,2425104
5	1051,04171451	1051,04171451	1825,90580745	774,8640929
6	1373,01614151	1373,01614151	1857,38855079	484,3724093
7	1680,52709072	1680,52709072	1955,82188259	275,2947919
8	1986,38591351	1986,38591351	2221,2746168	234,8887033
9	2154,393527	2154,393527	2651,01461941	496,6210924
10	2396,97335566	2396,97335566	2632,3000267	235,326671
11	2807,06353001	2807,06353001	3396,95043704	589,886907
12	2845,06651778	2845,06651778	2971,87811606	126,8115983
13	2868,47878661	2868,47878661	3223,90121992	355,4224333
14	2940,78210123	2940,78210123	3382,15274321	441,370642
15	3833,23726677	3833,23726677	4146,64499062	313,4077238
16	4095,2369002	4095,2369002	4361,16909421	265,932194
17	4211,85758117	4211,85758117	4729,34691743	517,4893363
18	5005,79646226	5005,79646226	5320,45953692	314,6630747
19	5608,87174087	5608,87174087	6021,73174774	412,8600069
20	5674,16842954	5674,16842954	6272,19383551	598,025406
21	6010,53979354	6010,53979354	6502,82811391	492,2883204
22	6372,37560141	6372,37560141	6935,24624949	562,8706481
23	6723,84879217	6723,84879217	7090,72564425	366,8768521
24	7039,19890948	7039,19890948	7411,45602199	372,2571125

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	7411,21508239	7411,21508239	7761,60062748	350,3855451
26	7768,81050185	7768,81050185	8025,76383755	256,9533357
27	7962,93397691	7962,93397691	8197,86169153	234,9277146
28	8098,90644737	8098,90644737	8317,63856587	218,7321185
29	8175,92506951	8175,92506951	8376,96663931	201,0415698
30	8264,55110592	8264,55110592	9012,26466089	747,713555
31	8657,37659652	8657,37659652	9080,24062222	422,8640257
32	8733,5321956	8733,5321956	8932,7709245	199,2387289
33	9315,39867445	9315,39867445	9729,22945651	413,8307821
34	9761,04168949	9761,04168949	9937,50394115	176,4622517
35	10335,954248	10335,954248	10619,6463594	283,6921114
36	10473,4819271	10473,4819271	10964,1522915	490,6703644

LAMPIRAN L**DATA HASIL SIMULASI
PADA TANGAL 21 APRIL 2016**

Jumlah teller 1

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	13,3148642061	13,3148642061	185,022932148	171,7080679
2	171,024869155	185,022932148	492,314376455	307,2914443
3	198,674993713	492,314376455	824,231736665	331,9173602
4	704,240488964	824,231736665	1814,36183679	990,1301001
5	767,414837649	1814,36183679	1945,93935985	131,5775231
6	782,791790054	1945,93935985	2137,50200233	191,5626425
7	1015,56238062	2137,50200233	2462,55492487	325,0529225
8	1236,60564963	2462,55492487	2512,30764722	49,75272235
9	1606,99941425	2512,30764722	2554,64110932	42,3334621
10	1826,70686475	2554,64110932	2602,0792001	47,43809078
11	1938,24673111	2602,0792001	2672,33140744	70,25220734
12	2012,14006756	2672,33140744	2884,48868562	212,1572782
13	2402,45254396	2884,48868562	3631,62425257	747,135567
14	2476,67194868	3631,62425257	3731,19824347	99,5739909
15	3034,06774746	3731,19824347	4388,81822415	657,6199807
16	3338,34107834	4388,81822415	4557,06527883	168,2470547
17	3522,88749738	4557,06527883	4622,92478745	65,85950862
18	3666,70689809	4622,92478745	4906,95789938	284,0331119
19	3765,52005531	4906,95789938	5192,59383924	285,6359399
20	4190,86254603	5192,59383924	5594,7534532	402,159614
21	4660,81244909	5594,7534532	6119,63049638	524,8770432

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
22	4905,31337462	6119,63049638	6413,52486308	293,8943667
23	5478,56104517	6413,52486308	6619,93335519	206,4084921
24	5735,42516664	6619,93335519	6774,98066406	155,0473089
25	5962,81734444	6774,98066406	6874,98418169	100,0035176
26	6166,91079712	6874,98418169	6955,75918331	80,77500162
27	6377,6158984	6955,75918331	7266,63125484	310,8720715
28	6639,50853145	7266,63125484	7339,33246933	72,70121449
29	6730,74021521	7339,33246933	7637,05871239	297,7262431
30	6818,35076069	7637,05871239	8107,27804379	470,2193314
31	6863,84718807	8107,27804379	8392,62479078	285,346747
32	6926,23214441	8392,62479078	8458,17120632	65,54641554
33	6977,19654404	8458,17120632	8572,27624056	114,1050342
34	7877,28705207	8572,27624056	8711,19453813	138,9182976
35	7927,1580977	8711,19453813	9110,73504919	399,5405111
36	8262,33033413	9110,73504919	9263,8725423	153,1374931
37	8707,86338415	9263,8725423	9438,77186745	174,8993252
38	10036,2690556	10036,2690556	10228,8538744	192,5848188
39	10262,544761	10262,544761	10331,0706192	68,5258582
40	10507,5967369	10507,5967369	10708,0860499	200,489313
41	10926,3505241	10926,3505241	11036,6340425	110,2835184

LAMPIRAN L (Lanjutan)

Jumlah teller 2

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	13,3148642061	13,3148642061	185,022932148	171,7080679
2	171,024869155	171,024869155	478,316313462	307,2914443
3	198,674993713	198,674993713	530,592353923	331,9173602
4	704,240488964	704,240488964	749,885366376	45,64487741
5	767,414837649	767,414837649	1757,54493778	990,1301001
6	1000,18542821	1000,18542821	1389,61450868	389,4290805
7	1221,22869722	1389,61450868	1521,19203174	131,5775231
8	1440,93614772	1521,19203174	1621,16805102	99,97601928
9	1552,47601408	1621,16805102	2030,38457211	409,2165211
10	1721,65388354	1757,54493778	1857,83001056	100,2850728
11	2027,03015831	2027,03015831	2603,20913078	576,1789725
12	2046,99635278	2046,99635278	2094,43444356	47,43809078
13	2058,59104353	2094,43444356	2306,59172174	212,1572782
14	2100,86705101	2306,59172174	2630,55563655	323,9639148
15	2827,9197154	2827,9197154	2994,90960654	166,9898911
16	3012,46613444	3012,46613444	3136,17017326	123,7040388
17	3085,93524234	3085,93524234	3530,01747693	444,0822346
18	3724,30569977	3724,30569977	3892,55275446	168,2470547
19	4194,25560284	4194,25560284	4478,28871476	284,0331119
20	4231,80147345	4231,80147345	4823,89962023	592,0981468
21	4476,30239898	4478,28871476	4880,44832873	402,159614
22	4741,68334577	4823,89962023	5348,77666341	524,8770432
23	4998,54746723	4998,54746723	5224,11341521	225,565948
24	5225,93964504	5225,93964504	5457,96394843	232,0243034

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	5499,71327645	5499,71327645	5706,12176855	206,4084921
26	5761,60590951	5761,60590951	5878,06946323	116,4635537
27	5893,05556663	5893,05556663	5993,05908426	100,0035176
28	5980,66611211	5980,66611211	6069,76301253	89,09690042
29	6026,16253948	6026,16253948	6104,52689041	78,36435093
30	6079,69881575	6079,69881575	7002,32605104	922,6272353
31	6370,7039719	6370,7039719	6668,43021496	297,7262431
32	6415,60888075	6668,43021496	6745,7709649	77,34074994
33	6867,15943791	6867,15943791	7152,50618489	285,346747
34	7202,33167434	7202,33167434	7267,87808989	65,54641555
35	7647,86472435	7647,86472435	7786,78302192	138,9182976
36	7736,6227999	7736,6227999	8136,16331097	399,5405111
37	9065,02847132	9065,02847132	9239,92779647	174,8993252
38	9194,49695515	9194,49695515	9387,08177402	192,5848189
39	9420,77266057	9420,77266057	9489,29851881	68,52585824
40	9665,82463644	9665,82463644	9866,31394952	200,4893131
41	10084,5784236	10084,5784236	10194,8619421	110,2835185
42	10126,5140237	10126,5140237	10183,6758356	57,1618119
43	10404,1411701	10404,1411701	10447,2653151	43,124145
44	10428,0497386	10428,0497386	10521,668666	93,6189274
45	10513,4716383	10513,4716383	10623,9478506	110,4762123

LAMPIRAN L (Lanjutan)

Jumlah teller 3

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	13,3148642061	13,3148642061	185,022932148	171,7080679
2	171,024869155	171,024869155	478,316313462	307,2914443
3	198,674993713	198,674993713	530,592353923	331,9173602
4	704,240488964	704,240488964	749,885366376	45,64487741
5	767,414837649	767,414837649	1757,54493778	990,1301001
6	1000,18542821	1000,18542821	1389,61450868	389,4290805
7	1221,22869722	1221,22869722	1352,80622028	131,5775231
8	1440,93614772	1440,93614772	1540,912167	99,97601928
9	1552,47601408	1552,47601408	1961,69253517	409,2165211
10	1721,65388354	1721,65388354	1821,93895632	100,2850728
11	2027,03015831	2027,03015831	2603,20913078	576,1789725
12	2046,99635278	2046,99635278	2094,43444356	47,43809078
13	2058,59104353	2058,59104353	2270,74832171	212,1572782
14	2100,86705101	2100,86705101	2424,83096582	323,9639148
15	2827,9197154	2827,9197154	2994,90960654	166,9898911
16	3012,46613444	3012,46613444	3136,17017326	123,7040388
17	3085,93524234	3085,93524234	3530,01747693	444,0822346
18	3724,30569977	3724,30569977	3892,55275446	168,2470547
19	4194,25560284	4194,25560284	4478,28871476	284,0331119
20	4231,80147345	4231,80147345	4823,89962023	592,0981468
21	4476,30239898	4476,30239898	4878,46201294	402,159614
22	4741,68334577	4741,68334577	5266,56038895	524,8770432
23	4998,54746723	4998,54746723	5224,11341521	225,565948
24	5225,93964504	5225,93964504	5457,96394843	232,0243034

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	5499,71327645	5499,71327645	5706,12176855	206,4084921
26	5761,60590951	5761,60590951	5878,06946323	116,4635537
27	5893,05556663	5893,05556663	5993,05908426	100,0035176
28	5980,66611211	5980,66611211	6069,76301253	89,09690042
29	6026,16253948	6026,16253948	6104,52689041	78,36435093
30	6079,69881575	6079,69881575	7002,32605104	922,6272353
31	6370,7039719	6370,7039719	6668,43021496	297,7262431
32	6415,60888075	6415,60888075	6492,94963069	77,34074994
33	6867,15943791	6867,15943791	7152,50618489	285,346747
34	7202,33167434	7202,33167434	7267,87808989	65,54641555
35	7647,86472435	7647,86472435	7786,78302192	138,9182976
36	7736,6227999	7736,6227999	8136,16331097	399,5405111
37	9065,02847132	9065,02847132	9239,92779647	174,8993252
38	9194,49695515	9194,49695515	9387,08177402	192,5848189
39	9420,77266057	9420,77266057	9489,29851881	68,52585824
40	9665,82463644	9665,82463644	9866,31394952	200,4893131
41	10084,5784236	10084,5784236	10194,8619421	110,2835185
42	10126,5140237	10126,5140237	10183,6758356	57,1618119
43	10404,1411701	10404,1411701	10447,2653151	43,124145
44	10428,0497386	10428,0497386	10521,668666	93,6189274
45	10513,4716383	10513,4716383	10623,9478506	110,4762123

LAMPIRAN L (Lanjutan)

Jumlah teller 4

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	13,3148642061	13,3148642061	185,022932148	171,7080679
2	171,024869155	171,024869155	478,316313462	307,2914443
3	198,674993713	198,674993713	530,592353923	331,9173602
4	704,240488964	704,240488964	749,885366376	45,64487741
5	767,414837649	767,414837649	1757,54493778	990,1301001
6	1000,18542821	1000,18542821	1389,61450868	389,4290805
7	1221,22869722	1221,22869722	1352,80622028	131,5775231
8	1440,93614772	1440,93614772	1540,912167	99,97601928
9	1552,47601408	1552,47601408	1961,69253517	409,2165211
10	1721,65388354	1721,65388354	1821,93895632	100,2850728
11	2027,03015831	2027,03015831	2603,20913078	576,1789725
12	2046,99635278	2046,99635278	2094,43444356	47,43809078
13	2058,59104353	2058,59104353	2270,74832171	212,1572782
14	2100,86705101	2100,86705101	2424,83096582	323,9639148
15	2827,9197154	2827,9197154	2994,90960654	166,9898911
16	3012,46613444	3012,46613444	3136,17017326	123,7040388
17	3085,93524234	3085,93524234	3530,01747693	444,0822346
18	3724,30569977	3724,30569977	3892,55275446	168,2470547
19	4194,25560284	4194,25560284	4478,28871476	284,0331119
20	4231,80147345	4231,80147345	4823,89962023	592,0981468
21	4476,30239898	4476,30239898	4878,46201294	402,159614
22	4741,68334577	4741,68334577	5266,56038895	524,8770432
23	4998,54746723	4998,54746723	5224,11341521	225,565948
24	5225,93964504	5225,93964504	5457,96394843	232,0243034

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	5499,71327645	5499,71327645	5706,12176855	206,4084921
26	5761,60590951	5761,60590951	5878,06946323	116,4635537
27	5893,05556663	5893,05556663	5993,05908426	100,0035176
28	5980,66611211	5980,66611211	6069,76301253	89,09690042
29	6026,16253948	6026,16253948	6104,52689041	78,36435093
30	6079,69881575	6079,69881575	7002,32605104	922,6272353
31	6370,7039719	6370,7039719	6668,43021496	297,7262431
32	6415,60888075	6415,60888075	6492,94963069	77,34074994
33	6867,15943791	6867,15943791	7152,50618489	285,346747
34	7202,33167434	7202,33167434	7267,87808989	65,54641555
35	7647,86472435	7647,86472435	7786,78302192	138,9182976
36	7736,6227999	7736,6227999	8136,16331097	399,5405111
37	9065,02847132	9065,02847132	9239,92779647	174,8993252
38	9194,49695515	9194,49695515	9387,08177402	192,5848189
39	9420,77266057	9420,77266057	9489,29851881	68,52585824
40	9665,82463644	9665,82463644	9866,31394952	200,4893131
41	10084,5784236	10084,5784236	10194,8619421	110,2835185
42	10126,5140237	10126,5140237	10183,6758356	57,1618119
43	10404,1411701	10404,1411701	10447,2653151	43,124145
44	10428,0497386	10428,0497386	10521,668666	93,6189274
45	10513,4716383	10513,4716383	10623,9478506	110,4762123

LAMPIRAN L (Lanjutan)

Jumlah teller 5

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
1	13,3148642061	13,3148642061	185,022932148	171,7080679
2	171,024869155	171,024869155	478,316313462	307,2914443
3	198,674993713	198,674993713	530,592353923	331,9173602
4	704,240488964	704,240488964	749,885366376	45,64487741
5	767,414837649	767,414837649	1757,54493778	990,1301001
6	1000,18542821	1000,18542821	1389,61450868	389,4290805
7	1221,22869722	1221,22869722	1352,80622028	131,5775231
8	1440,93614772	1440,93614772	1540,912167	99,97601928
9	1552,47601408	1552,47601408	1961,69253517	409,2165211
10	1721,65388354	1721,65388354	1821,93895632	100,2850728
11	2027,03015831	2027,03015831	2603,20913078	576,1789725
12	2046,99635278	2046,99635278	2094,43444356	47,43809078
13	2058,59104353	2058,59104353	2270,74832171	212,1572782
14	2100,86705101	2100,86705101	2424,83096582	323,9639148
15	2827,9197154	2827,9197154	2994,90960654	166,9898911
16	3012,46613444	3012,46613444	3136,17017326	123,7040388
17	3085,93524234	3085,93524234	3530,01747693	444,0822346
18	3724,30569977	3724,30569977	3892,55275446	168,2470547
19	4194,25560284	4194,25560284	4478,28871476	284,0331119
20	4231,80147345	4231,80147345	4823,89962023	592,0981468
21	4476,30239898	4476,30239898	4878,46201294	402,159614
22	4741,68334577	4741,68334577	5266,56038895	524,8770432
23	4998,54746723	4998,54746723	5224,11341521	225,565948
24	5225,93964504	5225,93964504	5457,96394843	232,0243034

No. Antrian	Kedatangan Nasabah pada Detik Ke-	Mulai Dilayani pada Detik Ke-	Selesai Dilayani pada Detik Ke-	Lama Pelayanan (Detik)
25	5499,71327645	5499,71327645	5706,12176855	206,4084921
26	5761,60590951	5761,60590951	5878,06946323	116,4635537
27	5893,05556663	5893,05556663	5993,05908426	100,0035176
28	5980,66611211	5980,66611211	6069,76301253	89,09690042
29	6026,16253948	6026,16253948	6104,52689041	78,36435093
30	6079,69881575	6079,69881575	7002,32605104	922,6272353
31	6370,7039719	6370,7039719	6668,43021496	297,7262431
32	6415,60888075	6415,60888075	6492,94963069	77,34074994
33	6867,15943791	6867,15943791	7152,50618489	285,346747
34	7202,33167434	7202,33167434	7267,87808989	65,54641555
35	7647,86472435	7647,86472435	7786,78302192	138,9182976
36	7736,6227999	7736,6227999	8136,16331097	399,5405111
37	9065,02847132	9065,02847132	9239,92779647	174,8993252
38	9194,49695515	9194,49695515	9387,08177402	192,5848189
39	9420,77266057	9420,77266057	9489,29851881	68,52585824
40	9665,82463644	9665,82463644	9866,31394952	200,4893131
41	10084,5784236	10084,5784236	10194,8619421	110,2835185
42	10126,5140237	10126,5140237	10183,6758356	57,1618119
43	10404,1411701	10404,1411701	10447,2653151	43,124145
44	10428,0497386	10428,0497386	10521,668666	93,6189274
45	10513,4716383	10513,4716383	10623,9478506	110,4762123

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, diberikan kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dari pembahasan pemodelan alur proses pelayanan *teller* menggunakan *coloured Petri nets*. Diberikan juga saran berdasarkan hasil penelitian agar dapat dilakukan kajian yang lebih mendalam untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan simulasi yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Model *coloured Petri nets* (CPN) alur pelayanan *teller* terdiri dari tujuh *place* dan empat transisi.
2. Model *timed coloured Petri nets* (TCPN) alur pelayanan *teller* terdiri dari delapan *place* dan empat transisi. TCPN mempunyai inputan berupa:
 - Fungsi distribusi normal dari data rata-rata interval waktu pelayanan dan rata-rata waktu pelayanan, yaitu $\text{fun dayWK}() = \text{normal}(181.8190586, 3153.748183)$; $\text{fun DayWS}() = \text{normal}(220.712449, 1495.120278)$;
 - Fungsi distribusi Weibull dari data interval waktu kedatangan, waktu pelayanan pada tanggal 22 Maret 2016 yaitu $\text{fun day22MaretWK}() = \text{weibull}(283.38523, 0.93715)$; $\text{fun Day22MaretWS}() = \text{weibull}(297.87110, 1.53332)$; Sedangkan tanggal 21 April 2016 yaitu $\text{fun Day21AprilWK}() = \text{weibull}(207.70891, 0.85054)$; $\text{fun Day21AprilWS}() = \text{weibull}(197.87194, 0.82836)$; dan fungsi distribusi Weibull dari data waktu pelayanan pada tanggal 1 Maret 2016 yaitu $\text{fun Day1MaretWS} = (103.3755, 0.93039101)$;
 - Fungsi distribusi eksponensial dari data interval waktu kedatangan nasabah pada tanggal 1 Maret 2016 yaitu $\text{fun Day1MaretWS}() = \text{exponential}(1.0/240.010417)$;
3. Berdasarkan hasil simulasi dengan inputan fungsi distribusi normal untuk data rata-rata interval waktu kedatangan dan rata-rata waktu pelayanan pada data hasil pengamatan selama 25 hari. Didapatkan jumlah *teller* yang optimal

untuk melayani nasabah sebanyak empat. Hal tersebut ditunjukkan oleh nasabah yang dilayani yaitu 60 orang dengan rata-rata waktu pelayanan 222,066 detik, yang mana hasil dari pengamatan juga menunjukkan nasabah yang dilayani juga 60 orang.

4. Berdasarkan hasil simulasi dengan inputan fungsi distribusi Weibull untuk data interval waktu kedatangan, dan distribusi eksponensial untuk data waktu pelayanan pada tanggal 1 Maret 2016. Diperoleh jumlah *teller* yang optimal untuk melayani nasabah yaitu tiga *teller*, dengan jumlah nasabah yang dilayani sebanyak 100 orang dan rata-rata waktu pelayanan sebesar 255,501 detik.
5. Berdasarkan hasil simulasi dengan inputan fungsi distribusi Weibull dari data interval waktu kedatangan dan data waktu pelayan pada tanggal 22 Maret 2016, didapatkan jumlah *teller* yang optimal untuk melayani nasabah yaitu dua *teller*, dengan jumlah nasabah yang dilayani sebanyak 36 orang dan rata-rata waktu pelayanan sebesar 376,164 detik.
6. Berdasarkan hasil simulasi dengan inputan fungsi distribusi Weibull dari data interval waktu kedatangan dan waktu pelayanan pada tanggal 21 April 2016, didapatkan jumlah *teller* yang optimal untuk melayani nasabah yaitu dua *teller*, dengan jumlah nasabah yang dilayani sebanyak 45 orang dan rata-rata waktu pelayanan yaitu 247,316 detik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan pada penelitian yang selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, pengamatan dan pengambilan data dilakukan selama 30 hari secara acak. Pada penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan untuk pengamatan dan pengambilan data lebih dari 30 hari.
2. Pada penelitian ini, dikonstruksi model *coloured Petri nets* alur proses pelayanan *teller*. Pada penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan untuk konstruksi model alur proses pelayanan *teller* dan *customer service*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adesina, G. R. dkk. (2015). "Development of a Timed Coloured Petri Nets Model for Health Centre Patient Care Flow Processes" *International Journal of Enginering and Computer Science*, Vol. 4, Hal. 9954-9961.
- [2] Afrane, A. (2014), "Queuing Theory and the Management of Waiting Time in Hospitals: The Case of Anglo Gold Hospital in Ghana". *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, Vol.4, No. 2, ISSN:2222-6990.
- [3] Al-Jumaily, A. S. A. Al-Jobori, H. K. T. (2011), "Automatic Queuing Model for banking Applications". *International Journal of Advanced Computer Science and Application*, Vol.2, No. 7.
- [4] Berhan, E. (2015), "Bank Service Performance Improvements using Multi Server Queuing System", *IOSR Journal of Busness and Management*, Vol. 7, pp65-69.
- [5] Cahyani, D. C. (2015), "Penggunaan Aljabar Max Plus dan Petri Net untuk Estimasi Lamanya Sistem Pelayanan dan Kerja Karyawan Pemasangan Instalasi di PDAM", Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [6] Gosh, S. dan Resnick, S. (2010), "A Discussion on Mean Excess Plots", New York: Columbia University.
- [7] Hasan, I. (2011), "Model Optimasi Pelayanan Nasabah Berdasarkan Metode Antrian (Queuing System)". *Jurnal Keuangan dan Perbankan*, Vol. 15 No. 1, hlm. 151-158, Terakreditasi SK. No. 64a/DIKTI/Kep/2010.
- [8] Hasan, I. (2011), "Model Optimasi Pelayanan Nasabah Berdasarkan Metode Antrian (Queuing System)". *Jurnal Keuangan dan Perbankan*, Vol. 15 No. 1, hlm. 151-158, Terakreditasi SK. No. 64a/DIKTI/Kep/2010.
- [9] Irianto, A.. (2007). "Statistik: Konsep Dasar, Aplikasi, dan Pengembangannya", Kencana Prenada Media Group, Jakarta, 2007.
- [10] Jensen, K. (2017). *Coloured Petri Nets*, Second Edition, Springer, Berlin.

- [11] Kowalski, M. and Rzasa, W. (2013). "Object Oriented Approach to Timed Coloured Petri Net SIMulation". *Proceedings of Federated Conference on Computer Science and Information Systems*. pp. 1389-1392.
- [12] Mufidah, S. (2015), "Model Rantai Pasok Menggunakan Petri Net dan Aljabar Max Plus dengan mempertimbangkan Prioritas Kapal Tanker", Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [13] Nurwan dan Subiono (2010), "Model Petri Net Antrian Klinik Kesehatan Serta Kajian Dalam Aljabar Max Plus", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- [14] Sachs, L. (1997), "Angewandte Statistik". Berlin: Springer.
<http://www.mathematik.uni-kl.de/table-kolmogorov.pdf>
- [15] Santoso, S. (2010), "Statistik Parametrik", PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2010.
- [16] Saxena, P. dan Sharma, L. (2013). "Simulation Tool for Queuing Models: QSIM", *International Journal of Computers and Technology*, Vol. 5, No. 2. ISSN 2277-3061.
- [17] Xiang, X, U. dkk. (2012). "The Performance of Queue Problem Based on Monte Carlo Method", *Journal of Computational Information Systems* 8:7, 3091-3099.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Suci Rahmawati atau biasa dipanggil Uci lahir di Situbondo, 07 September 1988 yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Dharma Wanita Besuki Situbondo, SMP Negeri 1 Banyuglugur Situbondo, SMA Nurul Jadid Paiton Probolinggo. Penulis Menempuh Pendidikan S1 di Jurusan Sistem Informasi Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kanjuruhan Malang.

Selanjutnya, pada tahun 2013 penulis mendapat beasiswa Pra S2-S2 Saintek dan menjadi mahasiswa Program Magister Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan mengambil bidang minat Matematika Terapan. Demikian biodata tentang penulis. Segala kritik, saran dan pertanyaan tentang Tesis ini, dapat menghubungi penulis melalui e-mail aing.chie@gmail.com.